

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubekr Belkaid – Tlemcen

Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et
de l'univers

MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de MASTER en : Géologie.

Option : Hydrogéologie.

Thème

**INFLUENCES HYDRO-CLIMATIQUES ET GEOLOGIQUES SUR
LA PERTE DE CAPACITE DES BARRAGES DE LA TAFNA (N-W
ALGERIE)**

Présenté par : **BENAHMED Fetheddine et ALI BELHADJ Yassine.**

Devant le jury :

Mr M ADACI	Université de Tlemcen	Président
Mr A BOUDJEMA	Université de Tlemcen	Encadreur
Mr S BOUGUERRA	Université de Tlemcen	Co-Encadreur
Mr H KAZI TANI	Université de Tlemcen	Examineur

Soutenu le : 28/07/2019.

Année universitaire : 2018/2019.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(وَجَعَلْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ شَامِخَاتٍ وَأَسْقَيْنَاكُمْ مَاءً فُرَاتًا)

(المرسلات-27)

**INFLUENCES HYDRO-CLIMATIQUES ET
GEOLOGIQUES SUR LA PERTE DE CAPACITE
DES BARRAGES DE LA TAFNA (N-W
ALGERIE)**

Table de matière

Introduction générale	11
Partie I : Contexte général de la zone d'étude	3
CHAPITRE I Présentation de la région d'étude	4
I. Introduction	5
II. Situation géographique de la zone d'étude	5
III. Géomorphologie des bassins versants	7
IV. Réseau hydrographique	9
V. Sols et végétation	11
VI. Cadre géologique	12
VII. Contexte hydrogéologique	17
VIII. Conclusion	19
CHAPITRE II : Hydro-climatologie de la zone d'étude	20
I. Introduction	21
II. Pluviométrie, Température, Evaporation	21
III. Relation apport liquides - précipitations	
IV. Conclusion	29
Partie II : Etat des ressources en eau dans le bassin de la Tafna et historique de ses cinq barrages	30
CHAPITRE III : Potentialités hydriques et historique des cinq barrages	31
I. Introduction	32
II. Potentialités en eau superficielle du bassin de la Tafna	32
III. Potentialités en eau souterraine	35
IV. Caractéristiques des cinq barrages	39
V. Conclusion	46
CHAPITRE IV : Synthèse d'exploitation des ressources en eau actuelles disponibles dans le bassin de la Tafna	47
I. Introduction	48
II. Variation des apports liquides en fonction des besoins en (AEP) et en irrigation	50
III. Synthèse sur l'exploitation des ressources disponibles à l'état actuel	52

IV. Conclusion	54
Partie III : Facteurs influençant la perte de capacité utile des cinq barrages.....	55
CHAPITRE V : Evaluation des pertes par envasement, par évaporation et par fuites d'eau...	56
I. Introduction	57
Objectifs, Données et méthodes	58
1. Pertes par envasement	58
1. Pertes par évaporation du plan d'eau.....	64
2. Pertes par fuites d'eau	68
CHAPITRE VI : Quantification des pertes totales	71
1. Pertes totales d'eau	72
2. Quantification des pertes :	74
3. Estimation des pertes en volume au niveau des barrages étudiés	75
4. Quelques moyens de prévision pour lutter contre les pertes de capacité	76
II. Conclusion :	80
Conclusion générale	Erreur ! Signet non défini.
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	Erreur ! Signet non défini.

Liste des figures

Figure 1 : Le bassin versant de la Tafna dans l'ensemble Oranie Chott Chergui.....	5
Figure 2 : sous bassins versants de la Tafna.....	6
Figure 3 : Cadre géographique du bassin versant de la Tafna.....	7
Figure 4 : Carte hydrographique du bassin versant de la Tafna	10
Figure 5 : Carte de végétation du bassin versant de la Tafna.....	12
Figure 6 : Carte géologique du bassin versant de la Tafna.	14
Figure 7 : Carte litho stratigraphique.....	17
Figure 8 : Mobilisation des ressources souterraines.....	18
Figure 9 : Variations des précipitations annuelles dans les cinq sous bassins d'étude.....	22
Figure 10 : Précipitations moyennes mensuelles des cinq bassins versants : 2004-2016.....	23
Figure 11 : Températures moyenne mensuelles des cinq bassins (1987-2005).....	24
Figure 12 : Positionnement des cinq stations sur l'abaque De Martonne.....	25
Figure 13 : Evolution des apports liquides –précipitations dans les cinq barrages étudiés.	27
Figure 14 : Localisation des sites des barrages et des stations hydrométriques dans bassin versant de la Tafna.....	33

Figure 15 : Représentation cartographique simplifiée des zones plus ou moins Favorables pour l'implantation de forages ou de puits.	35
Figure 16 : Schématisation de la carte du bassin versant à l'amont du barrage	40
Figure 17 : Carte schématique du bassin versant du Boughrara.....	41
Figure 18 : Schématisation du bassin versant du barrage Meffrouche.	42
Figure 19 : Schématisation du bassin versant du barrage Sikkak.	44
Figure 20 : Carte schématique du bassin versant aimantant le barrage Sidi Abdelli.	45
Figure 21. Taux de remplissage des cinq barrages étudiés.	49
Figure 22 : Représentation des apports liquides en fonction des besoins (AEP+Irrigation).	51
Figure 23 : Etat des réalisations de forages à travers les Monts de Tlemcen.....	53
Figure 24 : Evolution temporelle des apports solides annuels des cinq bassins versants.....	61
Figure 25 : Pourcentage actuel de l'envasement dans les barrages étudiés.....	62
Figure 26 : Evaporation annuelle des barrages	67
Figure 27 : Fuites d'eaux annuelles dans les cinq barrages du bassin versant de la Tafna.	69
Figure 28 : Evolution des pertes totales en fonction de chaque facteur (Evaporation, envasement et fuites).....	73
Figure 29 : Quantification des pertes dans les cinq barrages.	74
Figure 30 : Présentation des pertes en volume par secteurs par rapport à la capacité totale.....	75
Figure 31 : Schéma du soutirage d'un courant de densité par les pertuis de vidange d'un	77
Figure 32 : Schéma synoptique d'une opération de dragage dans un barrage.	78
Figure 33 : schéma synoptique d'une surélévation d'un barrage.....	79

Liste des photos :

Photo 01 : Vue de face du barrage de Béni Bahdel.....	40
Photo 02 : Vue de face du barrage de Hammam-boughrara.	41
photo 03 : Vue sur l'ouvrage du barrage du Meffrouche	43
Photo 04: Carte schématique du bassin versant du barrage Sikkak.	44
Photo 05 : Vue lointaine du barrage Sidi-Abdelli	45
Photo 06 : Bacs d'évaporation Classe « A» et Colorado	65

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques physiographiques de quelques bassins contrôlés de la Tafna.....	8
Tableau 2 : Densité de drainage de quelques unités hydrologiques de la Tafna.	11
Tableau 3 : Stations pluviométriques et périodes de mesure	21
Tableau 4 : Contributions saisonnières des précipitations des cinq bassins d'étude (2004/2016)	23
Tableau 5 : valeurs moyennes annuelles des températures et précipitations et des indices d'aridités de Martonne..	25
Tableau 6 : Indices de Moral des cinq stations des barrages étudiés.	26
Tableau 7 : Excédents, déficits dans les cinq barrages étudiés.....	28
Tableau 08 : Principales caractéristiques des cinq barrages du bassin versant de la Tafna	32
Tableau 10 : Les retenues collinaires à travers la wilaya de Tlemcen	34
Tableau 11 : les forages exploités dans les diverses communes du bassin versant de la Tafna	36
Tableau 12 : caractéristiques des cinq barrages du bassin versant de la Tafna.....	39
Tableau 13 : Taux de remplissage des cinq barrages du bassin versant de la Tafna	48
Tableau 14 : Valeurs moyennes annuelles des facteurs en (AEP), Irrigation, fuites, évaporations et Affluents des barrages	52
Tableau 15 : Etat des forages réalisés à travers les Monts de Tlemcen.....	53
Tableau 16 : valeurs max, min, moyennes des apports solides en suspension et dégradation spécifique des cinq bassins d'étude.....	59
Tableau 17 : Volume total des sédiments dans les cinq barrages.....	61
Tableau 18 : Taux d'envasement total dans les cinq Barrages.....	62
Tableau 19 : Envasement annuel moyen dans quelques bassins du Maghreb.....	63
Tableau 20 : composants de l'équation (1) du bilan hydrique.	64

Liste des abréviations

ANBT : « Agence Nationale des Barrages et Transferts »

ANRH : « Agence Nationale des Ressources Hydriques »

ABH : « Agence des Bassin Hydrographiques »

AEP : Alimentation en Eau Potable.

RESUME

Par souci de comprendre les mécanismes de perte des capacités utiles des cinq barrages du grand bassin versant de la Tafna à savoir le barrage de Béni Bahdel, de Mefrouche, de Sidi Abdelli, de Hammam Bouhrara et de Sikkak, il a été nécessaire d'analyser l'influence de facteurs hydroclimatiques et géologiques sur les réserves d'eau de ces ouvrages de stockage d'eau. Notre région d'étude qui se situe dans la partie Nord-Ouest de l'Algérie, a été impacté par les variations climatiques irrégulières de ces dernières décennies, les nappes souterraines de notre zone d'étude traversent des formations géologiques du jurassique affleurant au Sud du bassin versant alors que les parties orientales et celles du Nord sont caractérisées par le Plio-Quaternaire, en plus des marnes d'âge Miocène se trouvant dans la partie occidentale du bassin versant. Les potentialités des ressources en eaux superficielles sont basées sur l'étude des cinq barrages et des retenues collinaires, le traitement des données des forages implantés et l'étude piézométrique déterminent la disponibilité des eaux souterraines. Les barrages étudiés ont connus des taux de remplissages importants cette dernière décennie et assurent les besoins définis par l'irrigation et l'alimentation en eau potable. L'analyse et la représentation des données des facteurs d'envasement, de l'évaporation et des fuites d'eau confirment la présence des pertes de capacité utile des barrages. Les résultats montrent qu'en général et en fonction du site d'implantation du barrage que l'évaporation est les fuites représentent un pourcentage important du volume total des pertes. L'application de quelques moyens de prévision pour lutter contre ces pertes de capacité est indispensable comme le reboisement, la réalisation des bassins de décantation, le dragage et la surélévation des barrages et le renforcement de l'étanchéité des parois latérales, mais ces opérations restent moins réalisables à cause de plusieurs paramètres tels que la politique de la gestion des ressources hydrique et les couts élevés de ces actions adéquates.

Mots clés : Tafna, Barrages, Potentialités hydriques, Evaporation, Envasement, Fuites.

ABSTRACT

In order to understand the mechanisms of loss of useful capacities of the five dams of the great watershed of Tafna namely the dam of Béni Bahdel, Mefrouche, Sidi Abdelli, Hammam Bouhrara and Sikkak, it was necessary to analyze the influence of hydroclimatic and geological factors on the water reserves of these water storage structures. Our study area, located in the northwestern part of Algeria, has been impacted by the irregular climatic variations of recent decades. The groundwater of our study area crosses Jurassic geological formations outcropping to the South of the watershed while the eastern and northern parts are characterized by the Plio-Quaternary, in addition to the Miocene marls are found in the western part of the watershed. The potentialities of the surface water resources are based on the study of the five dams and the hollows, the treatment of the data of the implanted drillings and the piezometric study determine the availability of groundwater. The dams studied have experienced high filling rates in the last decade and meet the needs defined by irrigation and drinking water supply. The analysis and representation of data on silting factors, evaporation, and water leaks confirm the presence of losses of useful capacity of the dams. The results show that in general and depending on the dam implantation site that evaporation is the leaks represent a significant percentage of the total volume of losses. The application of some means of prediction to fight against these losses of capacity is essential like the afforestation, the realization of the settling ponds, the dredging and the elevation of the dams and the strengthening of the watertightness of the side walls, but these operations remain less achievable because of several parameters such as the water resources management policy and the high costs of these adequate actions.

Key words: Tafna, dams, water potential, evaporation, siltation, leaks.

ملخص

من أجل فهم آليات فقدان القدرات المفيدة للسدود الخمسة لمستجمعات المياه الكبيرة في تقنية وهي سد بني بهدل ومفروش وسيدي عبلي وحمام بوغرارة وسكاك ، كان من الضروري تحليل تأثير العوامل المناخية والجيولوجية على احتياطي المياه لهياكل تخزين المياه هذه. تأثرت منطقة دراستنا ، التي تقع في الجزء الشمالي الغربي من الجزائر ، بالتغيرات المناخية غير النظامية في العقود الأخيرة ، حيث تعبر المياه الجوفية في منطقة دراستنا التكوينات الجوراسية الجوراسية التي تتجه إلى الجنوب من مستجمعات المياه في حين أن الأجزاء الشرقية والشمالية تتميز بلايو رباعي ، بالإضافة إلى ماروس الميوسين توجد في الجزء الغربي من مستجمعات المياه.

تعتمد إمكانات موارد المياه السطحية على دراسة السدود الخمسة والأجوف ، ومعالجة بيانات الحفريات المزروعة والدراسة البيزيومترية التي تحدد مدى توفر المياه الجوفية. شهدت السدود التي تمت دراستها معدلات تعبئة عالية في العقد الماضي وتلبي الاحتياجات المحددة بواسطة الري ومياه الشرب.

يؤكد تحليل وتمثيل البيانات الخاصة بعوامل الصهر والتبخر وتسربات المياه وجود خسائر في السعة الإنتاجية المفيدة للسدود. تشير النتائج إلى أن التبخر بشكل عام ووفقاً لموقع زرع السد يمثل تسرباً يمثل نسبة كبيرة من إجمالي حجم الخسائر. يعد تطبيق بعض وسائل التنبؤ لمحاربة هذه الخسائر في القدرة أمراً ضرورياً مثل التشجير ، وتحسين أحواض الترسيب ، وتجريف السدود ورفعها ، وتعزيز مقاومة الماء للجدران الجانبية ، ولكن تبقى هذه العمليات قائمة أقل قابلية للتحقيق بسبب العديد من المعايير مثل سياسة إدارة موارد المياه والتكاليف العالية لهذه الإجراءات المناسبة.

الكلمات المفتاحية: الطفنة ، السدود ، المياه المحتملة ، التبخر ، الطمي ، التسريبات.

Introduction générale

Introduction générale

Les grands ouvrages hydrauliques jouent un rôle clé dans l'économie du pays. Ils contribuent de manière décisive à l'approvisionnement en eau potable, à l'irrigation des terres agricoles et à la production de l'énergie électrique. Ils permettent également la protection contre les inondations de larges zones du territoire national, l'amélioration de l'environnement et de la qualité des eaux à l'aval des cours d'eau dominés par des grands réservoirs.

Ils contribuent à un développement équilibré du pays en permettant l'émergence de véritables pôles régionaux d'activités économiques. Ces ouvrages constituent également les piliers des projets de transfert d'eau entre les régions humides et les zones déficitaires en eau.

L'Algérie disposait récemment de 113 barrages dont 52 grands barrages d'une capacité totale évaluée à 5,2 milliards de m³ (**Remini et Hallouche, 2005**). Ces barrages reçoivent annuellement une quantité de vase estimée à 32 millions de m³, ces quantités de matériaux proviennent de l'accélération de l'érosion des bassins versants du aux conditions physiques, géométriques, hydro climatiques et socio-économiques favorables.

On estime qu'environ 500 millions de m³ de vase se sont déposés dans tous les barrages algériens représentant 11% de leurs capacités initiales (**Boudjaja et al., 2003**).

Par ailleurs et en matière de quantité, l'infrastructure hydrotechnique Algérienne forte de 74 grands barrages, d'une capacité de 8 milliards de m³ est amputée annuellement d'une capacité de plus de 50 millions de m³ (**Rémini et Bensafia, 2016**).

Si les barrages sont conçus pour répondre à différents besoins en eau des populations sur une longue durée, ils sont en revanche vulnérables à plusieurs facteurs hydro-climatologiques en particulier. Ceci affecte évidemment leur stabilité ainsi que la diminution de la capacité d'eau de leur retenue. Situé en zone semi aride voir aride le bassin de la Tafna avec ses cinq barrages a été affecté ces dernières décennies par l'effet du changement climatique causant ainsi des écoulements très irréguliers dans les oueds qui arrivent à charrier d'importantes quantités de sédiments dans les barrages ce qui a contribué à leur envasement excessif menaçant leur sécurité et réduisant la quantité d'eau stockée. D'autres facteurs tels que l'évaporation intense et les fuites d'eau par infiltration à travers les parois rocheuses des différentes formations géologiques contribuent à ce phénomène.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est de savoir les principales causes qui favorisent cette perte en capacité, on a choisi d'analyser d'une part les données hydriques au niveau des

Introduction générale

cinq barrages de la région sur la période 2004- 2016, d'autre part illustrer l'impact de l'aspect géologique sur cette variation de capacité utile.

Le projet de mémoire est organisé en trois parties principales :

◆ La première partie : contexte général de la zone d'étude (situation géographique, géomorphologie des bassins versants, couverture végétale, cadre géologique, contexte hydrogéologique et hydro-climatologie).

◆ La deuxième partie : état des ressources en eau dans le bassin de la Tafna et historique de ces cinq barrages. (les potentialités en eau, la chronologie de réalisation des cinq barrages, évolution du taux de remplissage, synthèse sur l'exploitation des ressources disponibles).

◆ La troisième partie : facteurs influençant la perte de capacité utile des barrages (perte par envasement, évaporation des eaux et fuites d'eau).

PARTIE I : CONTEXTE GENERAL DE LA ZONE D'ETUDE

CHAPITRE I Présentation de la région d'étude

CHAPITRE 1 Présentation de la région d'étude

I. Introduction

Dans cette partie nous nous intéresserons à la présentation du bassin de la Tafna avec les principaux cinq sous bassins faisant l'objet de notre étude, tout en procédant à l'étude des paramètres physiques les plus importants qui commandent le régime d'écoulement dans les oueds et qui conditionnent aussi la dynamique hydrosédimentaire des bassins versants. On donnera aussi un aperçu sur les formations géologiques dominantes, celles-ci s'avèrent importantes pour cerner l'influence des caractéristiques physiographiques.

II. Situation géographique de la zone d'étude

Le bassin versant de la Tafna est situé au Nord- Ouest de l'Algérie, en grande partie dans la Wilaya de Tlemcen et la wilaya de Ain-Témouchent. Il porte le code 16 et fait partie de l'ensemble du bassin hydrographique Oranie –Chott Chergui selon la nouvelle structuration des unités hydrogéologiques de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (A.N.R.H) en Algérie (Fig.1).

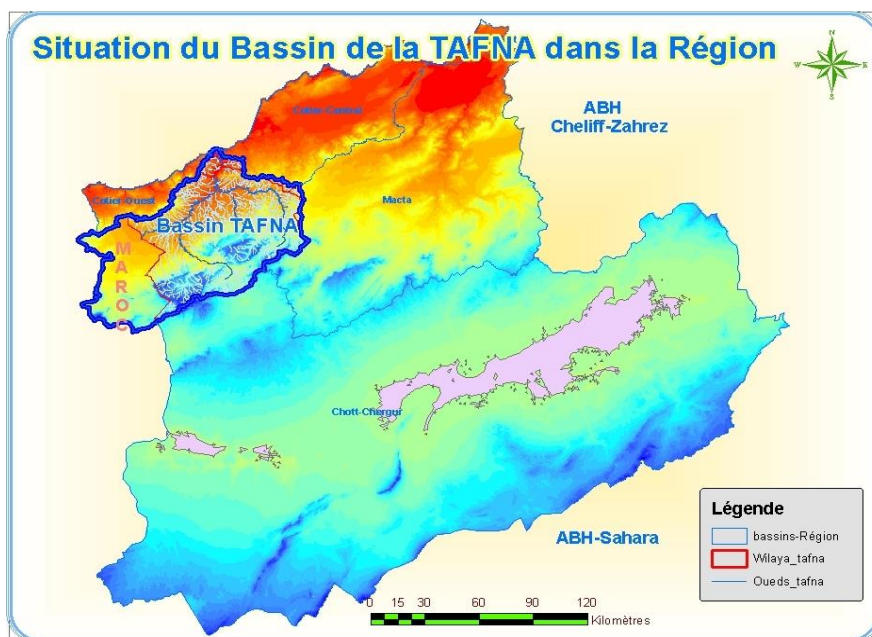


Figure 1. Le bassin versant de la Tafna dans l'ensemble Oranie - Chott Chergui (A.B.H, 2005)

Le bassin occupe une superficie de 7245 km² et est constitué de huit sous bassins selon le système de projection (UTM30, WGS84) dont deux d'une superficie de 1950 km² (soit 27 % de la superficie totale) se trouvant en amont dans le territoire marocain (Fig.2). Culminant à une altitude de 1843 m à djebel Chenoufi, le bassin est délimité par le principal relief des monts de Tlemcen entre la méditerranée et les hautes plaines oranaises. Il est relayé à l'Ouest

CHAPITRE 1 Présentation de la région d'étude

par le moyen Atlas marocain et à l'Est par les monts de Daia (Saida). Le bassin est constitué principalement au Sud par une barre montagneuse (800-1400 m d'altitude) axée dans une direction WSW-ENE, dominant largement au Nord les plaines de Maghnia, Hennaya et Sidi Abdelli. Cette structure orographique est dominée au Nord par les monts des Traras (1081 m) (Belarbi, 2010).

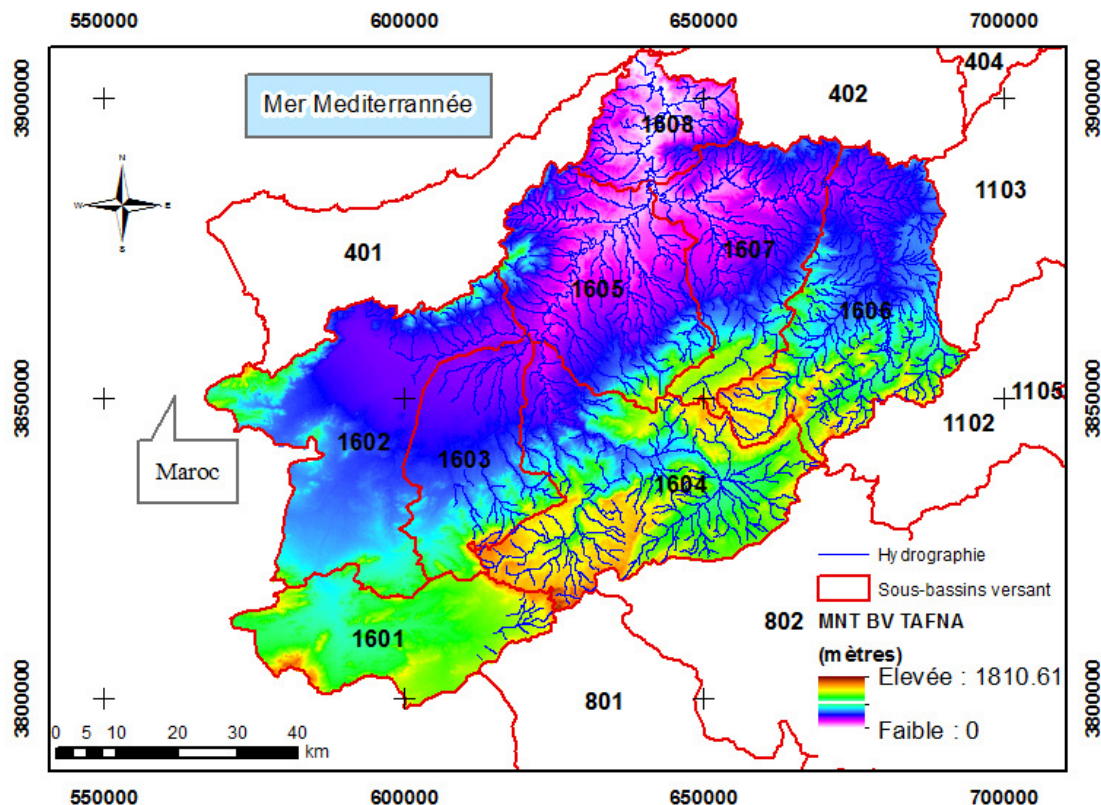


Figure 2. Sous bassins versants de la Tafna (Dehni et al., 2015).

Deux principales plaines caractérisent le bassin versant, celle de Maghnia à l'Ouest et celle des Ghossels à l'Est (Fig.3), elles s'étendent aux pieds monts de Tlemcen en avant des massifs des Traras et du Tessala et sont entourées de massifs aux reliefs élevés dessinant un édifice régulier formé essentiellement de terrains mésozoïques et cénozoïques (Bouanani, 2004). L'oued Tafna prend sa source dans les Monts de Tlemcen (région de Sebdou à 900 m), il longe le bassin en traversant trois parties : la haute Tafna (oued Sebdou et oued Khémis), la moyenne Tafna et la basse Tafna (oued Isser et oued Sikkak).

Dans sa partie moyenne l'oued reçoit plusieurs affluents de part et d'autre de sa rive, s'écoulant dans des terrains plus ou moins argileux. L'oued Mouilah est le plus long affluent rive gauche de la Tafna qui s'écoule sur une longueur de 124 km, alors que l'oued Isser (81

CHAPITRE 1 Présentation de la région d'étude

km) est le plus important affluent rive droite qui rejoint l'oued Tafna près du village de pierre de chat juste à quelques kilomètres de son embouchure sur la mer à la plage de Rachgoune.

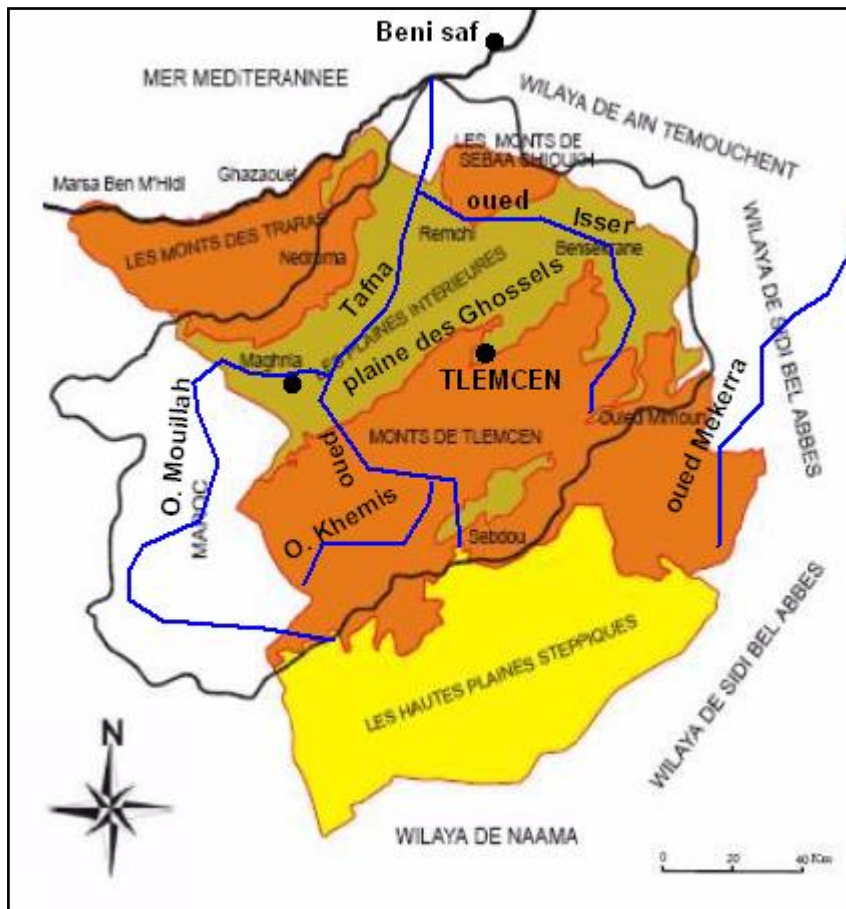


Figure 3. Cadre géographique du bassin versant de la Tafna (Adjim, 2003)

III. Géomorphologie des bassins versants

La détermination des caractéristiques physiographiques d'un bassin versant joue un rôle important dans la connaissance des processus qui régissent son comportement hydrologique, et notamment le régime des écoulements en période de crue ou d'étiage. Ainsi avant d'entamer toute étude hydro-climatique il est primordial au préalable de faire un diagnostic physico-géographique des bassins versants. En outre l'étude du milieu physique est d'autant plus utile pour déterminer l'ampleur et l'accélération du phénomène du transport solide au sein des bassins versants, qui aggrave ainsi l'envasement des barrages. Le tableau 1 ci-dessous résume quelques caractéristiques des bassins d'étude en comparaison avec d'autres sous bassins, comme la surface et la forme du bassin, les altitudes fréquentes, la pente et le type du relief.

CHAPITRE 1 Présentation de la région d'étude

Tableau 1. Caractéristiques physiographiques de quelques bassins contrôlés de la Tafna

Bassin	Surface (km ²)	Périmètre (km)	Kc	Longueur (km)	Largeur (km)	Altitudes caractéristiques		Indice D _{relief}	Dénivelée spécifique Ds(m)	Relief selon Ds
						Hmoy (m)	H _{50%} (m)			
Oued Tafna (à Béni Bahdel)	1016	165	1,45	67,47	15,05	1147	1150	0,014	446,2	fort
Oued Sebdou	256	78	1,37	30,78	8,32	1063	1060	0,016	256	fort
Oued Mouillah	2650	230	1,25	82,96	31,94	761,3	687	0,011	566,6	Très fort
Oued Isser	1140	180	1,49	85,26	13,37	864	785	0,012	405,1	fort
Oued En Nachef	90	46	1,41	18,77	9,51	1190	1175	0,016	151,7	Assez fort
Oued Sikkak	218	65	1,23	28,5	9,55	475	575	0,021	369,1	Assez fort
Oued Chouly	288,9	115	1,28	21,7	13,31	1152	1350	0,036	611,9	très fort
Oued Boumessaoud	118	59	1,52	24,53	4,81	623	630	0,035	380,2	fort

CHAPITRE 1 Présentation de la région d'étude

Selon ce tableau, les valeurs de l'indice de compacité montrent que le bassin de Mouillah, Sikkak et oued Chouly présentent une forme plus compacte alors que le bassin de la Tafna à Bénibahdel et celui de l'Isser sont assimilés aux bassins de l'oued Boumessaoud et oued En Nachef avec une forme plus allongée. En général les bassins versants de la Tafna se caractérisent par une forme assez ramassée ce qui pourrait diminuer ainsi le temps de concentration des écoulements superficiels. Le relief est un facteur essentiel, il détermine en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains, l'infiltration et l'évaporation. C'est un élément très important qui caractérise le comportement hydrologique d'un bassin. Le calcul de l'indice global de Roche I_g indique que les bassins ont un relief modéré ($I_g < 0,02$) à assez fort ($0,02 < I_g < 0,05$), par contre si l'on opte pour une classification selon la dénivelée spécifique D_s les bassins situés à la haute Tafna comme l'oued Sebdu ou l'oued Tafna à Bénibahdel, se caractérisent par un relief fort à très fort, ce qui est lié à la massivité du relief calcaire karstifié dominant dans ce secteur. En revanche les bassins en amont de la basse Tafna tel que l'oued Sikkak ou Chouly sont d'un relief relativement moins fort.

Le tracé de la courbe hypsométrique réalisé par beaucoup d'auteurs qui ont étudiés les différents sous bassins de la Tafna, permet de nous donner une idée sur les pentes du bassin et leur répartition en altitude ainsi que de son état d'équilibre, l'allure de la courbe nous renseigne sur la présence d'une vallée comme la vallée encaissée de Benisnousse ou celle de Benibahdel, d'un plateau (plateau de Terny ou de Zenata) ou d'une plaine (celle d'Henaya ou de Maghnia). Les altitudes caractéristiques nous donnent en outre des indications supplémentaires sur le potentiel érosif d'un bassin versant. Les mêmes études ont noté la présence de reliefs et des zones déprimées qui s'alternent du Sud vers le Nord. Le bassin se caractérise par un relief assez abrupt au Sud avec des pentes supérieures à 25% sur les monts de Tlemcen qui forment une chaîne montagneuse axée WSW-ENE dominant largement au Nord les vallées de Maghnia, de Hennaya et de Sidi Abdelli. Cette configuration structurelle du relief engendre une transition climatique assez prononcée et perceptible de la région Nord constituée des massifs montagneux des monts de Traras et de Béni-Snassen. Les bassins de la Tafna à Bénibahdel, de Sebdu et celui de l'Isser présentent un état d'équilibre offrant un potentiel érosif important, alors que les bassins de Mouillah et de Sikkak sont d'un état allant vers vieillesse d'où un potentiel érosif moyen à faible.

IV. Réseau hydrographique

CHAPITRE 1 Présentation de la région d'étude

Le relief et l'imperméabilité des terrains ont façonné le bassin versant d'un réseau hydrographique assez dense, la majorité des oueds ont un débit quasi nul en période d'étiage suite au climat semi-aride qui règne dans la région.

L'Oued Tafna à régime d'écoulement intermittent, est un cours d'eau d'une longueur de 170 km qui prend naissance dans la grotte de Ghar-Boumazaa dans les monts de Tlemcen. Il représente le cours d'eau naturel le plus important à l'échelle du bassin, environ 65% de la charge hydraulique est drainé par cet oued jusqu'à l'embouchure à Rachgoune (Yebdri, 2007) et peut être divisé en trois parties (Fig. 4).

Dans sa partie haute l'oued prend naissance à partir d'Oued Ouriach suite à la jonction de plusieurs ramifications et descend jusqu'au Oued Sebdu à une altitude d'environ 900 m. A partir de cette jonction le cours d'eau s'achemine à travers une vallée encaissée creusée dans les terrains jurassiques où il reçoit sur sa gauche l'Oued Khémis à Béni-Bahdel.

Dans sa partie moyenne, le cours d'eau reçoit sur sa rive gauche deux principaux affluents, l'Oued Mouilah issu du Maroc et l'Oued Boukiou prenant naissance dans les monts des Traras. Sur sa rive droite, l'Oued Isser un affluent très important descendant des monts de Tlemcen vient s'y joindre, il recevra dans sa partie orientale, l'Oued Sikkak assez important et issue du plateau de Terny. A la basse Tafna, l'oued s'écoule depuis les gorges de Tahouaret jusqu'à son embouchure sur mer à Rachgoune près de Béni-Saf.

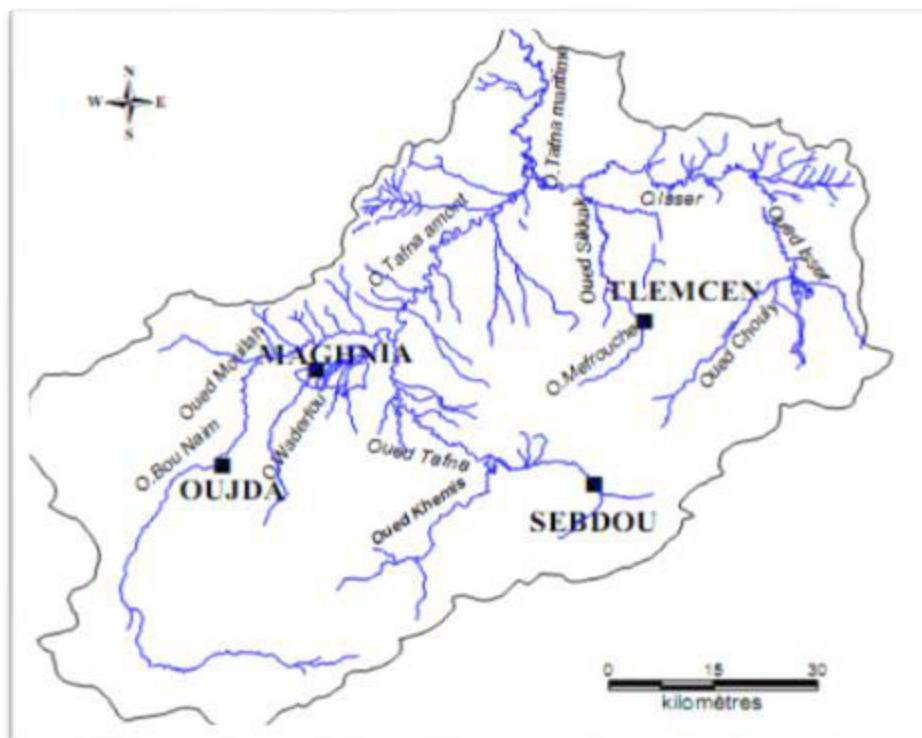


Figure 4. Carte hydrographique du bassin versant de la Tafna (Hamlat, 2005).

CHAPITRE 1 Présentation de la région d'étude

Le chevelu hydrographique suit pratiquement les accidents importants qui ont affecté les formations carbonatées du Jurassique et se modifie avec l'évolution de la tectonique (Bouanani, 2004). L'activité humaine également avoir une influence sur l'hydrographie d'une région suivant le degré d'implantation des aménagements comme le drainage des terres agricoles, la construction de barrages, l'endiguement, la protection des berges et la correction des cours d'eau (Araf, 2012). Le tableau 2 ci-dessous résume la densité de drainage et le temps de concentration des bassins d'étude en comparaison avec d'autres unités hydrologiques de la Tafna :

Tableau 2. Densité de drainage de quelque unité hydrologique de la Tafna (Bouanani, 2004)

Bassin versant	Longueur cours d'eau principal (m)	Densité de drainage (km/km ²)	Temps de concentration
Oued Sebdou	78 km	2,88	07h00min
Oued Mouilah	184 km	0,16	20h 30 min
Oued En Nchef	16 km	2,51	9h 30 min
Oued Sikkak	20 km	1,51	9h 30 min
Oued Isser	81 km	1,08	14h 30 min
Oued Chouly	65 km	0,61	5h 15 min
Oued Boukiou	66 km	2,97	6h 00 min

Le temps de concentration des eaux est non seulement en fonction de la surface mais dépend aussi de la lithologie, la pluviométrie et le relief. En effet, deux bassins ayant la même superficie ne se comportent pas forcément de la même façon comme c'est le cas des bassins oued Sikkak et oued Chouly. Les valeurs élevées de la densité de drainage correspondent respectivement aux chevelus hydrographiques issus d'un secteur montagneux et pluvieux (cas d'oued Boukiou et oued En Nchef). Par contre, les basses valeurs des autres bassins sont liées soit à la faiblesse des précipitations, ou encore à la forte perméabilité des formations lithologiques.

V. Sols et végétation

Le couvert végétal et le type de sol par leurs actions combinées influencent étroitement le régime hydrologique d'un bassin versant. Une végétation abondante retient, selon sa densité, sa nature une proportion variable des eaux de pluie en retardant le ruissèlement, elle joue ainsi le rôle de régulateur de l'écoulement fluvial et d'atténuateur important en période

CHAPITRE 1 Présentation de la région d'étude

de crue. A l'inverse le défrichement, les incendies, l'agriculture extensive et le surpâturage, entraîne une perte d'eau par évaporation et une accélération de l'érosion. Quand à la nature du sol, elle a un impact sur le taux de dégradation des terres et intervient sur la rapidité de montée des crues et sur leur volume. En effet les types de sol se différencient par leur degré d'érodibilité qui conjugué au facteur d'occupation des sols, à celui des pentes et à l'érosivité des pluies, permet de classer les sols en catégories de terrains à risque érosif faible, moyen, fort ou très fort. On rencontre globalement quatre grands ensembles de sols dans le bassin de la Tafna : les terres d'alluvions qui recouvrent les basses terrasses et les lits majeurs des oueds, les terres caillouteuses aux piémonts des monts de Tlemcen et des Traras, les terres rouges à encroûtement localisées dans les plaines de Maghnia et Ouled Riah et les terres marneuses couvrant une grande partie de la région de Tlemcen. Les cultures pratiquées sont dominées par des cultures maraîchères et quelques vergers d'agrumes et d'arbres fruitiers. Les forêts, les maquis et les broussailles occupent pratiquement toute la bande des monts de Tlemcen et une partie des monts des Traras. On retrouve aussi des cultures extensives, du couvert mort, des Prairies, des parcours et des terrains de pacage (**Fig.5**).

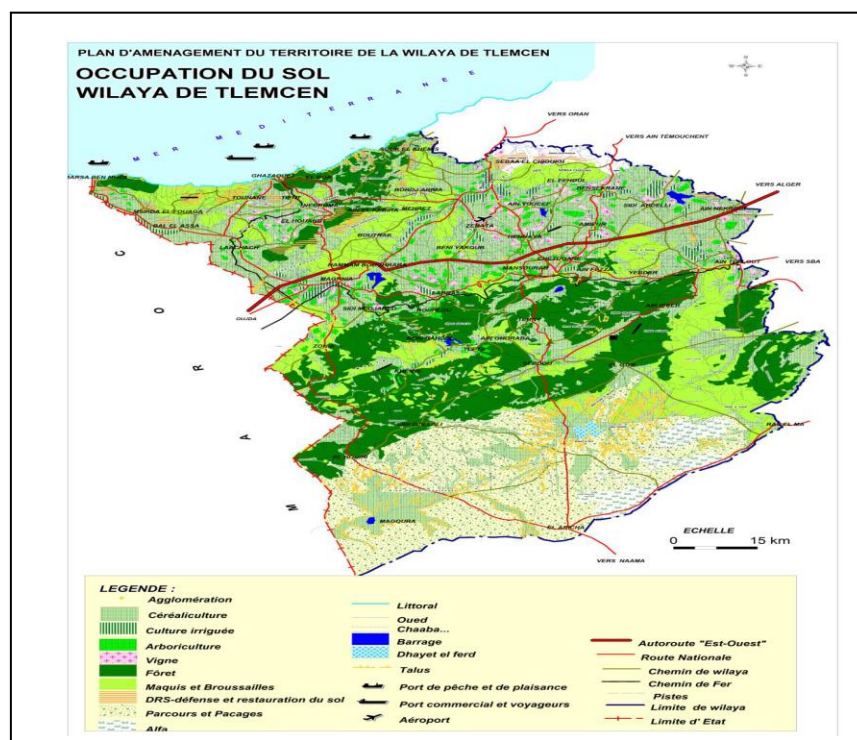


Figure 5. Carte de végétation du bassin versant de la Tafna (A.N.A.T, 2005).

VI. Cadre géologique

CHAPITRE 1 Présentation de la région d'étude

La connaissance de la géologie d'un bassin versant notamment sa lithologie (nature de la roche mère) et la structure tectonique des substratums, s'avère indispensable pour comprendre la dynamique des écoulements aussi bien superficiels que souterrains. Les divers types de roches et leurs structures donnent une indication précieuse sur la capacité d'infiltration des zones occupées par les roches et par les sols et en conséquence sur la quantité de terre susceptible d'être érodée (**Demmak, 1982; FAO, 1994**).

Le bassin versant de la Tafna est caractérisé par une géologie complexe et diversifiée, sa partie sud est constituée des monts de Tlemcen qui sont formées par des affleurements calcaires très Karstifiés. Ceci favorise l'infiltration des précipitations intense ou l'eau ressort par des résurgences situées sur les pourtours. La partie orientale est formée par des argiles dont les affleurements sont apparents dans le noyau de l'anticlinal érodé de la haute Isser. Au nord, les dépôts alluvionnaires constitués de marnes sableuses ou d'argile peu perméables, ces sédimentations ont donné des conglomérats très rocheux, présentant les principaux aquifères actuellement exploités (nappe de Maghnia et Hennaya).

A l'échelle régionale, le bassin présente un pendage d'ensemble faible vers l'Est. Tout le long de la frontière marocaine, les grès affleurent en couches ayant un pendage Est, et les écoulements se font comme les écoulements superficiels, vers la vallée de la Tafna.

Le bassin de la Tafna est caractérisé par trois formations géologiques bien distinctes (**Bouanani, 2004**). Dans le nord les massifs montagneux des monts des Beni-Snassen et des Traras sont constitués de formations du jurassique moyen et inférieur qui se prolongent sous les puissantes assises marneuses du Miocène à faciès tantôt argileux, calcaire-marneux ou encore gréso-marneux comme au centre de l'Isser (**Fig.6**). Au centre du bassin on rencontre une dépression inter- montagneuse de la région de la plaine des Amglas et de Maghnia causée par les dépôts marins du Miocène supérieur et inférieur ainsi que des alluvions de sable et de gravier. Vers le sud affleurent les massifs calcaires des monts de Tlemcen qui sont constitués par des dépôts carbonatés du jurassique supérieur calcaires et gréseux avec deux rides anticlinales SW-NE, sensiblement parallèles, formées à l'Ouest par les Djebels d'Ain El Hout et Hadid, à l'Est par les djebels Talet et Abiod.

CHAPITRE 1 Présentation de la région d'étude

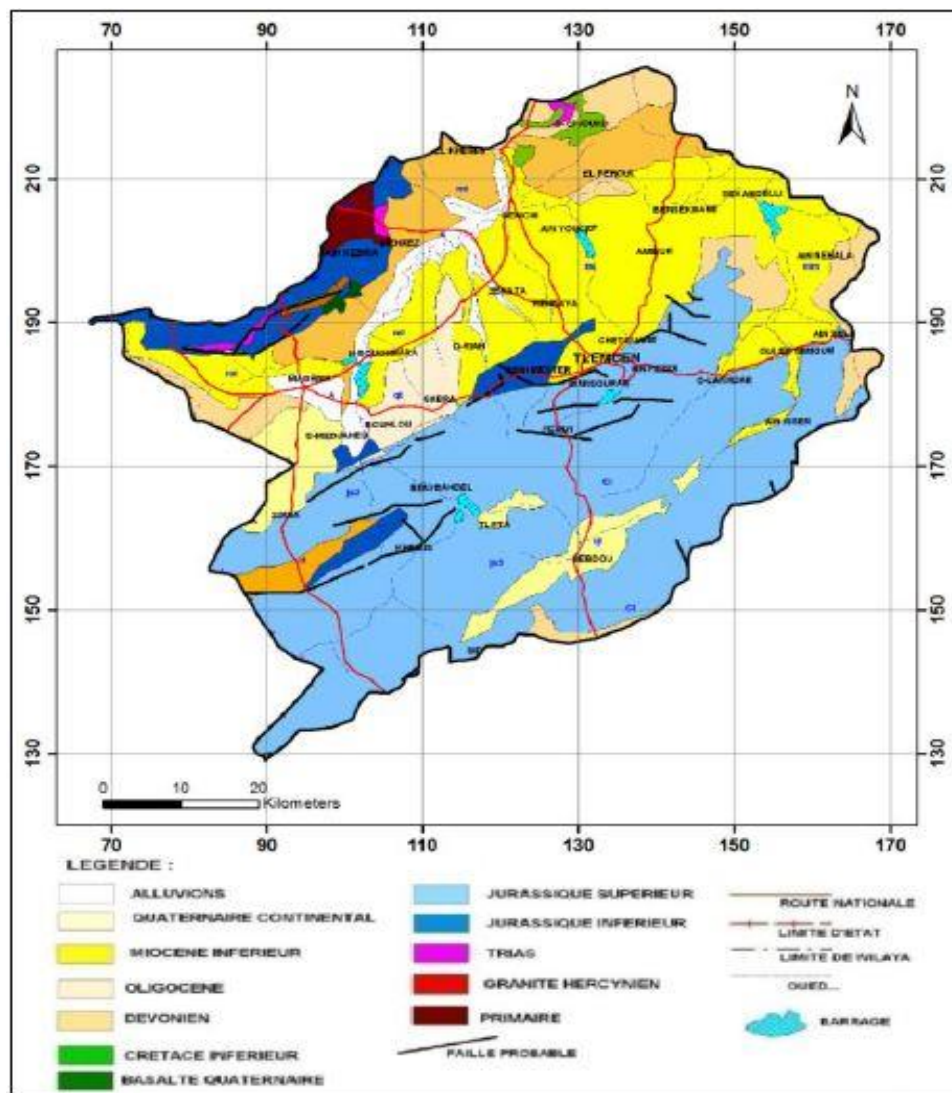


Figure 6. Carte géologique du bassin versant de la Tafna. (Bemoussat, 2012).

La Figure 7 ci-dessous présente la série lithostratigraphique des formations géologiques rencontrées dans le grand bassin de la Tafna.

L'évolution des terrains va du primaire au plio-quaternaire. (Adjim, 2003 ; Bouanani, 2004 ; A.N.A.T, 2005 ; Bensaoula, 2006) :

a. Le primaire

CHAPITRE 1 Présentation de la région d'étude

Il affleure dans la région des Traras, il est caractérisé par des dépôts d'argiles et des sables siliceux. Ces sédiments ont donné des schistes et des quartzites puissants qui ont été fortement modifiés par des masses granitiques (granite de Nedroma). Ces dépôts primaires ont subi des plissements intenses, qui ont donné lieu à l'enchaînement du massif Tellien des Traras.

b. Le secondaire :

Il occupe une grande partie de nos bassins d'étude et forme l'essentiel des monts de Tlemcen, on distingue :

-Le trias : Localisé essentiellement au Nord d'Aïn Tellout et au niveau de Béni- Bahdel et à l'Est dans le bassin d'Oued Mouilah.

-Le jurassique : Composé du jurassique inférieur et moyen et qui apparaissent au niveau de Ghar-Roubane. Le jurassique supérieur est représenté par les grès de Boumediene, les calcaires de Zarifet, de lato, les dolomies de Tlemcen, de Terny et finalement les marno-calcaires d'Ouled Mimoun, Raourai et Hariga.

-Le crétacé : Représenté par la série du crétacé inférieur formant les argiles d'Ouled Mimoun et Sebdou, les argiles de Lamoricière et les grès de Berthelot.

c. le tertiaire : il comporte

-L'éocène :
C'est un ensemble gréseux avec passage de bancs de Poudingues dans la vallée de oued Isser près de la confluence avec oued Tafna. Le massif de Sbaa - chioukh est constitué de grès siliceux jaune à rougeâtre, assez friable à ciment argileux alternant avec des marnes argileuses verdâtres.

- Le Miocène :

•Le miocène inférieur (burdigalien) : il débute par un niveau de poudingue très dure à blocs bien roulés hétérométriques et polygéniques, formé par des éléments calcaires, dolomitiques à ciment calcaire-gréseux très résistant. La partie supérieure est constituée par des argiles marneuses de teinte verdâtre au sein desquelles s'intercalent des bancs décimétriques de grès ferrugineux friables.

Le Miocène inférieur affleure de part et d'autre de la Tafna, essentiellement, entre la vallée de l'Oued Zitoun et le Djebel Fellaoucene.

CHAPITRE 1 Présentation de la région d'étude

•Le miocène moyen (Helvétien) : celui-ci repose sur le Burdigalien déformé et partiellement érodé. Il est constitué essentiellement par des argiles marneuses gris ou bleutées et s'y intercalent de nombreux bancs décimétriques de grés jaunes, bien représenté à 4 Km à l'Est de Hammam Boughrara.

•Le miocène supérieur (Tortonien) : il est formé par des dépôts de grés durs jaune d'or ou citron peu consolidés. Ces grés s'appuient sur des marnes Helvétiques et sont localisés entre Tlemcen et Remchi directement sur le Jurassique comme c'est le cas au nord et au sud de la plaine de Maghnia. Ce Tortonien peut avoir des faciès différents, argiles plus au moins sableuses affleurant près de Terny et près de Ain Khaled à l'ouest de Terny.

- Le plio quaternaire :

Représenté par des sédiments continentaux d'âge comparable et de nature variable. Il s'agit d'une série complexe de dépôts discontinus formé d'éléments hétérométriques et hétérogènes. On y rencontre les faciès suivants :

•Les travertins villa franchien, situés en bordures des monts de Tlemcen, ils sont représentés par des travertins fortement consolidés et calcaire lacustres.

•Le complexe de sédiment plio- villa- franchien : la bordure des massifs secondaires est soulignée par des éboulis de piémont plus au moins écaillés et remaniés d'épaisseur très variables mais toujours assez faible.

•Des marnes rouges avec peu ou pas de galets, plus au moins tufeuses, parfois très épaisses surtout au niveau du bassin de l'oued Mouillah.

•Des anciennes alluvions allant des marnes alluvionnaires verdâtres aux galets en passant par les limons et les graviers.

•Les limons, sables et graviers récents qui s'étendent entre Oued Mihaguène et chaabat El Arnab au nord-est des frontières Algéro-Marocaine. Les limons sont jaunes en général avec des couches rougeâtres. Les galets se trouvent surtout en lits à la base des limons.

Quelques lambeaux de basaltes inter stratifiés qui sont témoins d'une activité volcanique. Ils sont situés au Nord – Ouest de la plaine de Maghnia.

CHAPITRE 1 Présentation de la région d'étude

Epais	Perméabilité	Coupe	Description géologique	Formation
80	Perméable		Dépôt alluvionnaire et lacustre	Plio-quaternaire
50 à 600	Imperméable		Marnes bleu sableuses à la base et grès calcaires	Miocène
	Perméable		Grès	Miocène
100	Perméable		Dolomies	Dolomies de Temy
100	Perméable		Marnes et calcaires mameux	Mamo-Calcaire de Raouraï
250	Perméable		Dolomies	Dolomies de Tlemcen
300 à 400	Peu perméable		Grès quartzeux avec bancs de marnes vertes et Lie de vin	Grès de boumedienne
150 à 250	Imperméable		Marnes gris et argiles schisteuses	Callovo-oxfordien
100 à 200	Perméable		Calcaire gréseux	Jurassique moy
200 à 300	Perméable		Calcaires oolithique et dolomies	Jurassique inf
	Imperméable		Marnes vidacées gypsifères et grès grossiers rouges avec intercalation argileuses	Permotrias
	Imperméable		Granite à tourmaline schistes et quartzites	Primaire

Figure 7. Analyse litho stratigraphique (Bonet 1965).

VII. Contexte hydrogéologique

La connaissance des structures hydrogéologiques permet de fixer les limites du bassin versant, de vérifier la concordance du bassin hydrographique avec le bassin des eaux souterraines, de localiser les couches aquifères aux différentes profondeurs et d'établir les relations entre elles et avec les eaux de surface (Bouguerra, 2018). Les Monts de Tlemcen sont caractérisés par la présence essentiellement d'aquifères karstiques dont les réserves permanentes de ces aquifères sont très limitées, car les exutoires occupent souvent les points bas du mur des roches carbonatées. La structure et la nature lithologique des formations géologiques constituant le bassin de la Tafna ont permis d'individualiser plusieurs types d'aquifères.

CHAPITRE 1 Présentation de la région d'étude

- ◆ Les aquifères de types phréatiques caractérisant les formations poreuses (gréseuse) occupant des zones restreintes dans les sous bassins versants étudiés.
- ◆ Les aquifères karstiques le plus souvent perchés dominant les zones de relief (Khemis, Sebdou, Tlemcen).
- ◆ Les aquifères captifs représentés aussi par les formations carbonatées mais qui passent en profondeur sous les marnes de Sérravallien.

L'abondance des failles dans le secteur d'étude serait la cause principale du compartimentage des différents systèmes aquifères, ces accidents tectoniques sont aussi responsables de la distribution spatialement hétérogène de la majorité de ces systèmes (**Fig.8**).

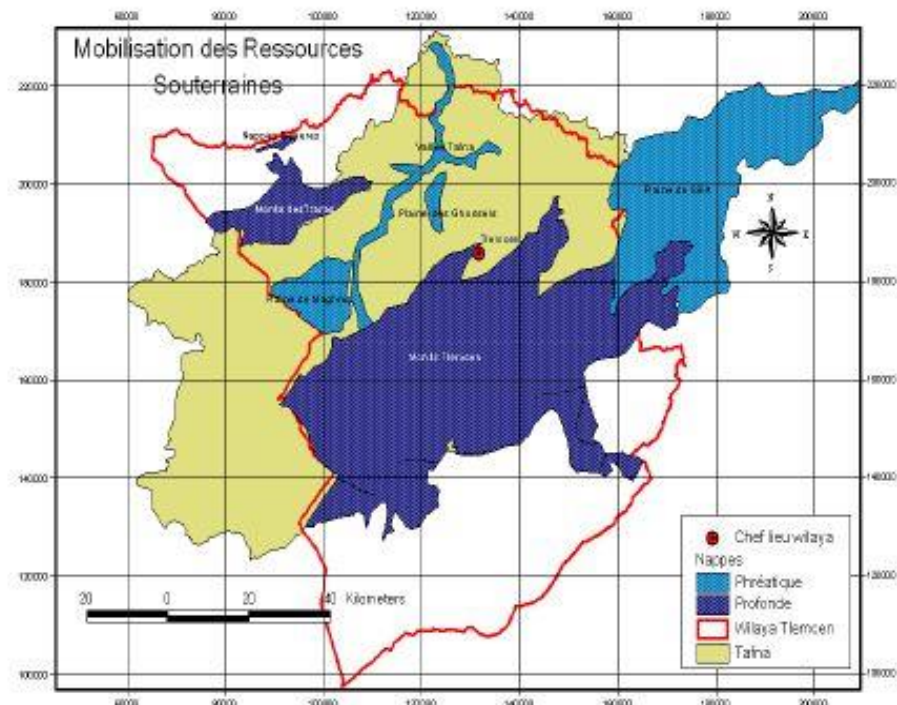


Figure 8. Mobilisation des ressources souterraines (Djedai, 2014).

CHAPITRE 1 Présentation de la région d'étude

VIII. Conclusion

Le bassin versant de la Tafna est situé au Nord-Ouest de l'Algérie, il s'étend sur une superficie de 7245 km² et est constitué de huit sous bassins. Il est caractérisé par une géographie diversifiée : Au Nord, on trouve les chaînes montagneuses, au centre l'existence des zones de plaines et plateaux et au Sud les monts de Tlemcen. L'analyse des paramètres physiographiques montre que les sous bassins qui le constituent présentent en général une forme allongée. Leur relief est hétérogène, les pentes sont fortes dans les régions montagneuses dépassant 30 % et faibles à moyennes (entre 5 et 10 %) vers les régions des plaines. Le potentiel érosif augmente selon la configuration du bassin. Le réseau hydrographique est assez dense dans quelques sous bassins comme l'oued Boukiou, l'oued Sebdou et l'oued En Nachef dominés par des altitudes élevées et des pentes abruptes. Le paysage végétal est largement dégradé en montagne à cause des incendies, les forêts occupent essentiellement les monts de Tlemcen et des Traras, alors que les plaines se caractérisent par des cultures extensives.

Du point de vue géologique, les formations du Jurassique affleurent au sud du bassin versant, les parties orientales et celles du Nord sont caractérisées par le Plio-Quaternaire qui se manifeste par les dépôts alluvionnaires, en plus des marnes d'âge Miocène se trouvent dans la partie occidentale du bassin versant. Les réserves en eaux souterraines sont liées essentiellement par leur comportement dynamique à la perméabilité des formations géologiques. On note ainsi la présence des nappes superficielles dans les formations Plio-Quaternaires et dans les massifs calcaires karstiques du Jurassique (dolomies de Tlemcen et Grès de boumedienne), par contre, les terrains des affleurements marneux et argileux (les marno calcaires de Raourai) sont relativement imperméables.

CHAPITRE II : Hydro-climatologie de la zone d'étude

CHAPITRE 2 : Hydro-climatologie de la zone d'étude

I. Introduction

L'objectif principal de cette partie est le traitement et la présentation des données hydroclimatiques afin de montrer l'évolution des paramètres pluviométriques et thermiques et de donner une idée sur le climat de la région. Un aperçu sur le climat de l'Algérie fait ressortir qu'il se caractérise par des contrastes importants avec une étendue de types de climats très différents et ce en relation avec les particularités géographiques et écologiques du pays en l'occurrence l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude (**Bouguerra, 2018**). Le bassin de la Tafna est soumis à deux régimes hydrologiques, méditerranéen au nord et continental au sud fruit de la structure géographique et orographique représentée par la barrière naturelle que forme les monts de Tlemcen et l'Atlas Marocain. Le climat du bassin de la Tafna s'apparente à celui de toute la région méditerranéenne de l'Afrique du Nord : humide et pluvieux en hiver avec une température moyenne de 15 °C et chaud et sec en été avec 26 °C.

II. Précipitation

Les précipitations jouent un rôle important dans les processus du cycle de l'eau et déterminent la variabilité ou l'irrégularité inter-saisonnière et interannuelle de l'écoulement de surface. Ces précipitations qui accusent une grande variabilité mensuelle et surtout annuelle, surviennent surtout en saison froide notamment entre les mois de septembre et de mars, peuvent être très violentes, et atteindre des intensités instantanées très fortes.

a-Précipitations annuelles

Les données des précipitations moyennes annuelles au niveau des stations pluviométriques des cinq barrages ont été recueillies auprès de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (**Tableau 3**).

Tableau 3. Stations pluviométriques et périodes de mesures (**A.N.R.H, 2018**).

Station	Benibahdel	Mefrouche	H.Boughrara	Sidi abdeli	Sikkak
Code	160403	160701	160501	160613	160728
Période	1980-2015	1980-2015	1980-2016	1983-2014	2004-2016
Moy (mm)	408,82	582,64	246,64	389,1	337,56
Max (mm)	731,8 (2008)	1144,9 (2013)	498,8(2008)	697,7(2009)	532(2012)
Min (mm)	208,7(2004)	342,4(2000)	74,1(1982)	255,7(1988)	213,6(2007)
Cv	30 %	28 %	36 %	26 %	30 %

CHAPITRE 2 : Hydro-climatologie de la zone d'étude

La **figure 9** ci dessous, représente la variation des précipitations annuelles dans les cinq sous bassins d'étude. On observe une nette irrégularité de la pluviométrie, en effet les coefficients de variation calculés sont importants et varient entre 26 et 36 %. Cette variabilité temporelle permet de discerner les périodes vis-à-vis du stress hydrique en les comparant à un certain seuil jugé normal ou moyen.

A partir de cette figure, certaines tendances peuvent être tirées :

- Une légère augmentation de la pluviométrie avec l'altitude comme c'est le cas pour la station Mefrouche et de Benibahdel et qu'en moyenne les précipitations ont chuté depuis les années 1980 (Période de sécheresse en Algérie).

- Les années les plus déficitaires ont été constatées dans la décennie 1980 pour les bassins drainés par les stations du barrage H.Boughrara et de Sidi abdeli, alors que les trois autres stations accusent le grand déficit pendant le début des années 2000. Quant aux années les plus arrosées, elles se manifestent à partir de la fin des années 2000 jusqu'au début des années 2010.

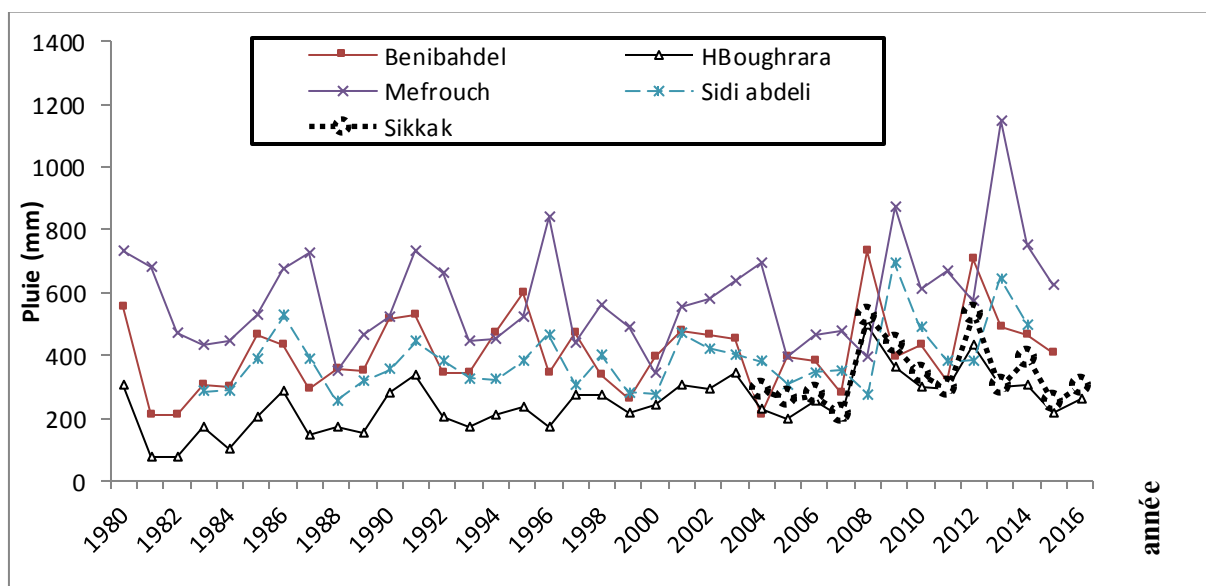


Figure 9. Variations des précipitations annuelles dans les cinq sous bassins d'étude.

b-Précipitations mensuelles

La répartition mensuelle des précipitations (**Fig.10**) et ses variations influence en grande partie l'écoulement saisonnier, ainsi les périodes humides et sèches durant l'année hydrologique seront facilement détectées suite à la contribution moyenne de chaque saison. Si l'on considère la période de prélèvement allant de 2004 à 2016, deux périodes climatiques caractérisent l'année hydrologique : une période sèche correspondant aux mois secs de

CHAPITRE 2 : Hydro-climatologie de la zone d'étude

l'année (juin, juillet, août) caractérisée par un déficit pluviométrique, et une autre pour les neuf mois restants dans laquelle les mois de novembre à mars sont considérés comme les plus pluvieux de l'année qui totalisent globalement plus de 74% de la hauteur annuelle pour les cinq stations. La saison de l'hiver a été la plus pluvieuse (Tableau 4) avec un maximum enregistré au mois de février pour les quatre bassins Benibahdel, Mefrouche, Sidiabdeli et H.Boughrara, et au mois de décembre pour Sikkak.

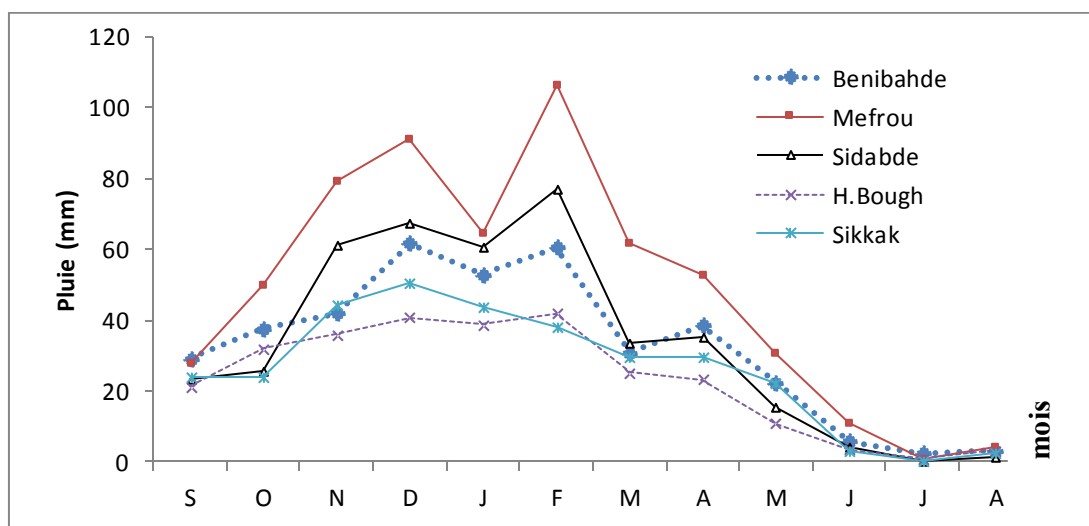


Figure 10. Précipitations moyennes mensuelles des cinq bassins versants : 2004-2016.

Les contributions des différentes saisons ainsi que les valeurs maximales atteintes sont données au tableau suivant, elles dépendent du régime pluviométrique.

Tableau 4. Contributions saisonnières des précipitations des cinq bassins d'étude (2004/2016)

Bassin	Benibahdel	Mefrouche	Sidabdeli	H,Boughrara	Sikkak
Automne	28% (41,8 mm)	27% (79,1mm)	27% (61,4mm)	32% (35,8mm)	30% (44,2mm)
Hiver	45% (61,5 mm)	45% (106,1mm)	51% (76,7mm)	44% (41,7mm)	42% (50,5mm)
Printemps	24% (38,6 mm)	25% (61,5mm)	21% (35,06mm)	21% (25,2mm)	26% (29,5mm)
Été	3% (5,7 mm)	3% (11,2mm)	1% (4,3mm)	3% (3,5mm)	2% (3,1mm)

CHAPITRE 2 : Hydro-climatologie de la zone d'étude

c- Températures

Les températures moyennes, annuelles et mensuelles en interaction d'autres autres facteurs météorologiques et biogéographiques, représentent un élément important pour la détermination du type de climat, ainsi que le calcul du déficit d'écoulement et de l'évapotranspiration potentielle.

La saison chaude s'étend de mai à octobre, mois pendant lesquels les températures moyennes mensuelles sont supérieures à la moyenne annuelle, alors que la saison froide correspond à la période allant de novembre à avril (**Figure 11**). Le maximum des températures est atteint en août et juillet avec 27°C et le minimum se situe en janvier aux environs de 9°C. Ces deux périodes de l'année distinctes par leurs amplitudes thermiques, influent énormément sur la variation des paramètres climatiques et par la suite sur l'écoulement fluvial et le comportement hydrogéologique des bassins versants.

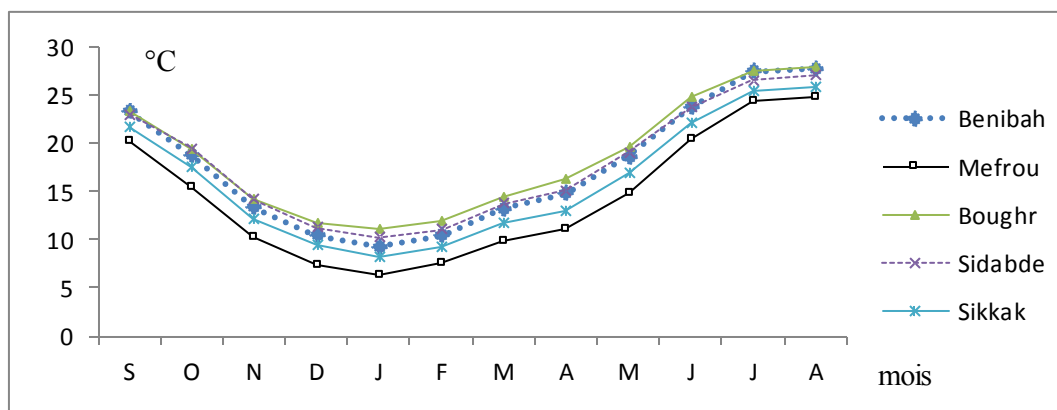


Figure 11. Températures moyenne mensuelles des cinq bassins (1987-2005).

d- Régime climatique

-Les indices climatiques

. Indice d'aridité annuelle de De Martonne

L'indice d'aridité de De Martonne, noté I, permet de déterminer le degré d'aridité d'une région :

$$I = P / (T + 10)$$

P : précipitation moyennes annuelles (mm).

T : température moyenne annuelle (°C).

Le tableau 4 donne les indices de chacun des bassins versant sd'étude

CHAPITRE 2 : Hydro-climatologie de la zone d'étude

Tableau 5. Valeurs moyennes annuelles des températures, précipitations et des indices d'aridité de Martonne.

Les barrages	El Maffrouch	Béni Bahdel	Sidi Abdelli	Hammam Boughrara	Sikkak
T°C	14,32	17,34	19,22	19,89	18,82
P (mm)	612,15	420,50	393,99	291,26	324,19
I	25,17	15,38	13,48	9,74	11,24

D'après le tableau précédent, on observe que dans les trois barrages Beni bahdel, Sidi Abdelli et Sikkak régnent un climat semi aride avec écoulement temporaire, par contre on enregistre au barrage El Meffrouche un climat tempéré et drainage vers l'extérieur, alors qu'à Hammam Boughrara un climat presque désertique suivi par un écoulement temporaire (**Figure 12**).

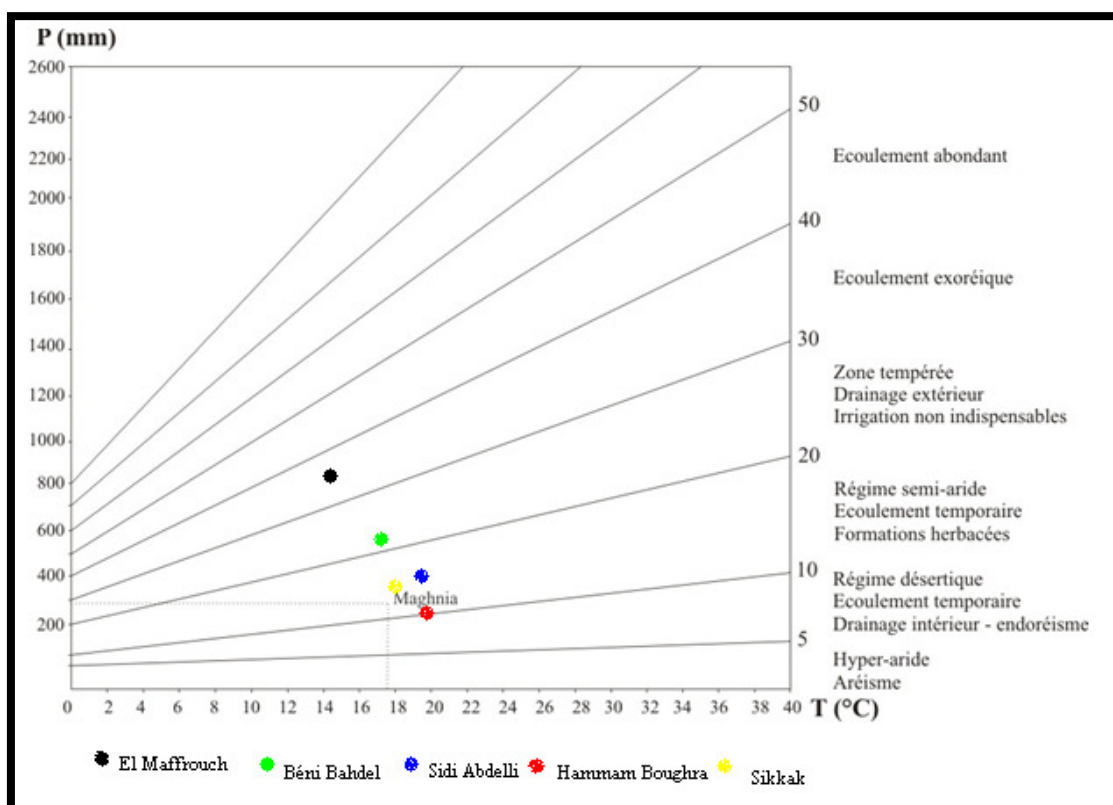


Figure 12. Positionnement des cinq stations sur l'abaque de Martonne.

CHAPITRE 2 : Hydro-climatologie de la zone d'étude

Indice de Moral

$$IMoral = P / (T^2 + 10T + 200)$$

P : Précipitation moyenne annuelle (mm)

T : Température moyenne annuelle (°c)

Cet indice permet de dire que :

- Si $Im < 1$ signifie un climat sec, et si $Im > 1$ indique un climat humide .

Le tableau 6 représente les valeurs des indices correspondant aux cinq bassins :

Tableau 6 : Indices de Moral des cinq stations des barrages étudiés.

Les barrages	I Moral	Caractéristique de la zone
El Meffrouch	1,11	Modéré pas de sécheresse
Sidi Abdelli	00,51	Sécheresse
Beni Bahdel	00,62	Sécheresse
Hamman Bouhrara	00,36	Sécheresse élevé
Sekkak	00,43	Sécheresse

e-Relations entre précipitations et apports liquides entrant aux barrages

Au cours des dernières décennies, le climat en Algérie s'est distingué par des alternances de périodes sèches et de périodes pluvieuses. Une diminution des pluies de 20 à 30% est observée selon les régions (Ait Mouhoub, 1998 ; Meddi et Hubert, 2003). Cette baisse des pluies est également observée dans de nombreuses autres régions. Ces variations de la pluviosité peuvent avoir une influence sur le taux de remplissage dans les barrages. Les

CHAPITRE 2 : Hydro-climatologie de la zone d'étude

dernières périodes ont été particulièrement sèches. Il est évident que le manque en apport pluviométrique engendre une diminution de l'écoulement des cours d'eau. On constate par ailleurs que les écoulements annuels ne suivent pas exactement les hauteurs pluviométriques (Fig.13). L'alternance des saisons laisse distinguer une certaine divergence quant à la réponse hydrologique des bassins aux différents événements pluvieux.

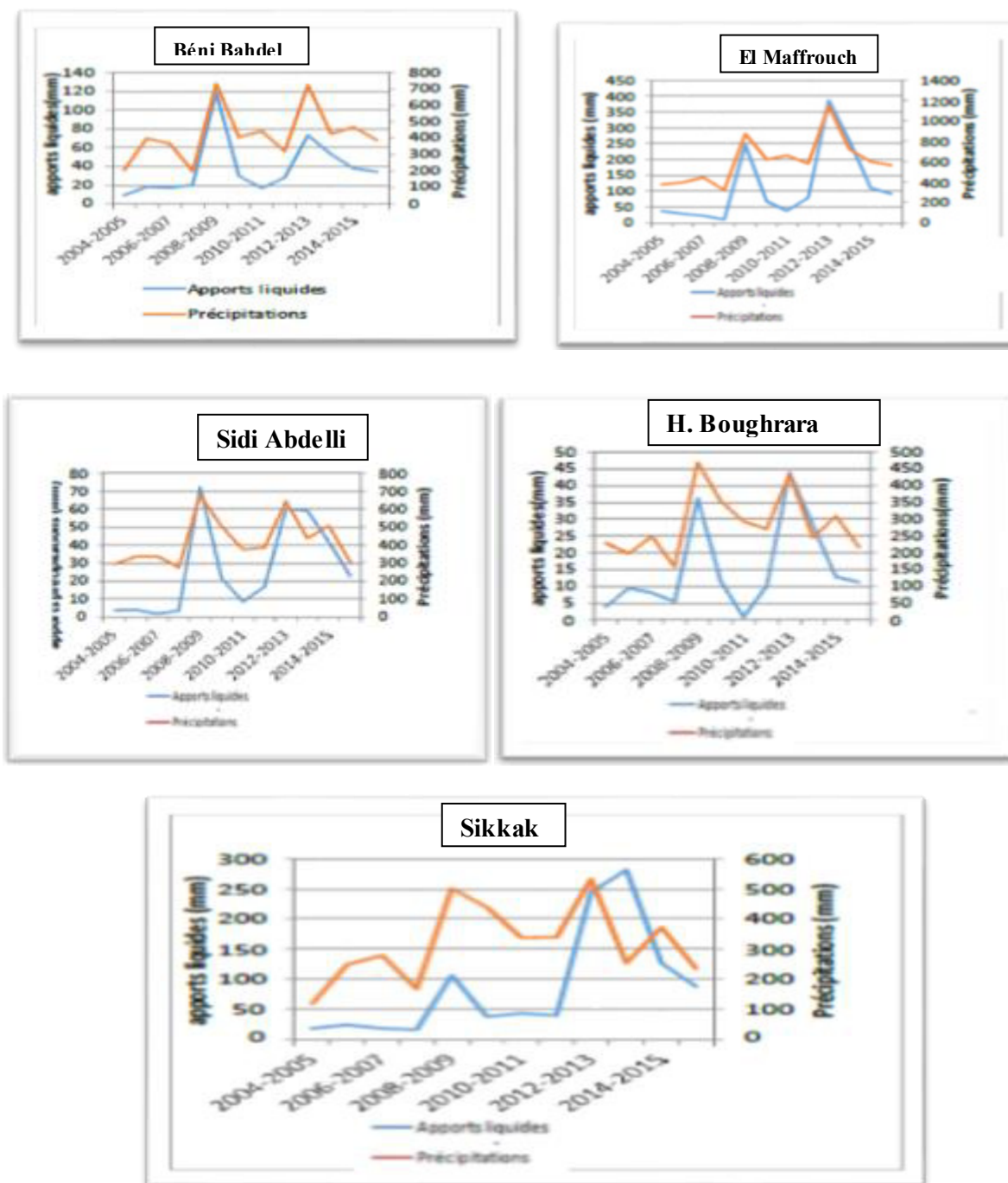


Figure 13. Evolution des apports liquides –précipitations dans les cinq barrages étudiés.

CHAPITRE 2 : Hydro-climatologie de la zone d'étude

Le tableau 7 suivant résume quelques interprétations d'évolution des apports liquides en fonction de la pluviométrie au niveau de chaque bassin d'étude

Tableau 7. Excédents, déficits dans les cinq barrages étudiés.

Périodes Barrages	Excédentaires	Déficitaires	Observations
El Meffrouche	2012/13 avec un apport de 34.7 Hm³	2007/08 avec un apport de 0.9 Hm³	Pour L'année 2011-12 on remarque une diminution des précipitations avec une augmentation des apports en eau. Peut-être que les eaux souterraines ont participé au remplissage du barrage.
Béni Bahdel	2008/09 avec un apport de 120.3Hm³	2004/05 avec un apport de 9.4Hm³	Pour L'année 2006-07 , on remarque une diminution des précipitations avec une augmentation des apports liquides. Ceci est peut-être dû à l'existence d'un réservoir souterrain plein. Donc il n'y a pas d'infiltration au niveau du sol. Pour l'année 2010-11 , c'est le contraire. Une augmentation des précipitations avec une diminution des apports liquides. On estime qu'il y a eu une forte infiltration dans le sol.
Sidi Abdelli	2012/13 avec un apport de	2007/08 avec un apport de	Pour les années 2012/13 et 2013/14 caractérisent par des fortes pluviométries ce qui indique la stabilité des apports liquides

CHAPITRE 2 : Hydro-climatologie de la zone d'étude

	68.5Hm ³	0.01Hm ³	
H. Boughrara	2012/13 avec un apport de 175.6Hm³	2010/11 avec un apport de 3.4Hm³	Malgré une intensité moyenne de la pluviométrie pendant l'année 2010/11 suivi par une baisse des apports liquides se que signifier des infiltrations très denses de terrains.
Sikkak	2013/14 avec un apport de 70.7Hm³	2007/08 avec un apport de 4.2Hm³	Pour les années 2012/13 et 2013/14 caractérisent par des fortes pluviométries ce qui indique l'augmentation des apports liquides, par contre les deux dernières années présentent par une chute symbolique des apports à cause de l'infiltration de sol et aussi la couverture végétale.

III. Conclusion

Les données climatologiques ainsi que les résultats obtenus dans cette étude hydroclimatique permettent de conclure pour chaque bassin versant étudié :

Zone El Meffrouche : caractérisée par une pluviométrie très abondante et des températures légèrement faibles, indiquant un climat tempéré, et un excédent hydrique plus marqué. Une augmentation des apports en eau indique en outre que les eaux souterraines ont participé au remplissage du barrage.

Zones de Sidi Abdelli, Sikkak, Beni Bahdel : sont définies par une pluviométrie et des températures moyennes, un climat semi aride et sec, un excédent hydrique variable et une stabilité des apports liquides.

Zone de Hammam Boughrara : caractérisée par une régression de la pluviométrie et une élévation de température, un climat semi aride touché par une forte sécheresse et un déficit hydrique considérable. Une baisse des apports liquides peut signifier des infiltrations fréquentes des terrains et des évaporations d'eau très intenses et des écoulements très faibles.

**PARTIE II : ETAT DES RESSOURCES EN EAU DANS
LE BASSIN DE LA TAFNA ET HISTORIQUE DE SES
CINQ BARRAGES**

CHAPITRE 03 : Potentialités hydriques et historique des cinq barrages dans la zone d'étude

CHAPITRE 03 : Potentialités hydriques et historique des cinq barrages dans la zone d'étude

I. Introduction

En Algérie, l'eau est une ressource fondamentalement préoccupante du fait de sa rareté et du développement économique et social désordonné. Cela entraîne une suite de problèmes de gestion de cette ressource hydrique (Boudjadja et al; 2003). Les potentialités des ressources en eau sont très dépendantes de deux facteurs à savoir le contexte climatique et le développement socio-économique de la région considérée. Le déficit pluviométrique enregistré ces deux dernières décennies dans l'Ouest Oranais en général et dans la région de Tlemcen en particulier (Bensaoula, Adjim; 2008) a engendré le tarissement de certaines sources qui alimentaient la population de Tlemcen et la faible recharge des barrages. Pour pallier à ce déficit les autorités locales ont lancé des prospections des eaux souterraines à travers les monts de Tlemcen ainsi que la construction de grands barrages.

II. Les potentialités en eau superficielle de la Tafna :

a. Les barrages

Le bassin versant de la Tafna d'une superficie de 7245 km² compte cinq barrages d'une capacité totale de 405 Hm³ pour capter et stocker cette ressource hydrique. Ces barrages sont : Hammam Boughrara, Beni Bahdel, Sikkak, Meffrouche, Sidi Abdelli, Prise Tafna/Dzioua (Fig. 14).

- Le système de Tafna –Dzioua est considéré comme un réservoir naturel dans le bassin versant de la Tafna.

Le tableau 08 résume certaines caractéristiques des cinq barrages :

Tableau 08. Principales caractéristiques des grands barrages du bassin versant de la Tafna (A.N.B.T. 2004).

Nom du barrage	Date de mise en service	Surface du Bassin Versant en km ²	Capacité initiale Hm ³	Capacité (levé 2004) Hm ³
H. Boughrara	1998	2260	177	175,45
Beni Bahdel	1945	1016	63	54.63
Sikkak	2004	326	27	27
Meffrouch	1962	90	15	14.99
Sidi Abdelli	1988	1137	110	106,61

CHAPITRE 03 : Potentialités hydriques et historique des cinq barrages dans la zone d'étude

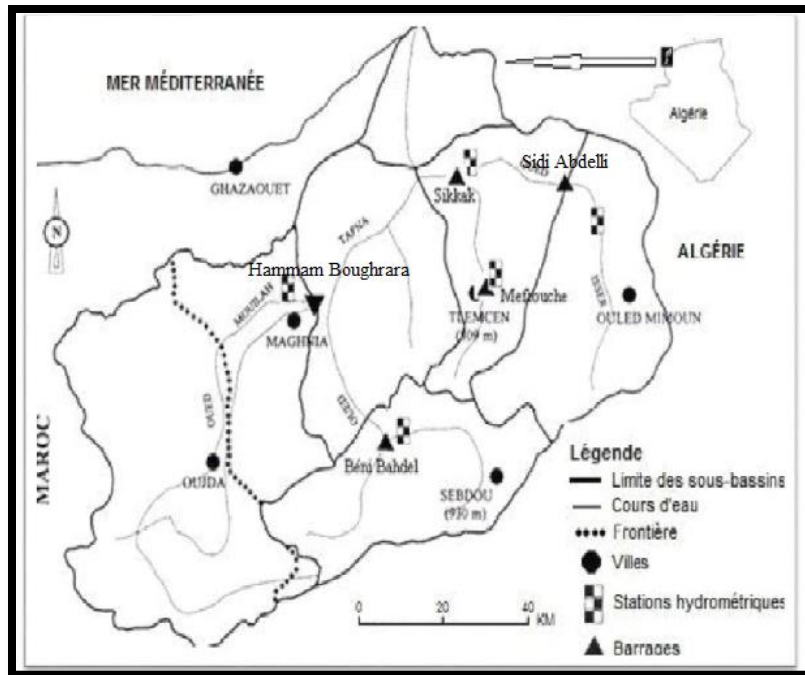


Figure 14. Localisation des sites des barrages et des stations hydrométriques dans bassin versant de la Tafna. (Ghomri et Mahammedi, 2017).

b. Les petits barrages

Ces ouvrages de moindre importance sont surtout destinés à la mise en valeur agricole. Etant assez importants, ils nécessitent une étude détaillée qui demande beaucoup d'investissements et notamment les reconnaissances de terrain. Huit ouvrages ont déjà été réalisés et le volume d'eau ainsi mobilisé est de 7,38 millions de mètres cube (tableau 9).

CHAPITRE 03 : Potentialités hydriques et historique des cinq barrages dans la zone d'étude

Tableau 09 : Les petits barrages à travers le bassin de la Tafna. (A.N.A.T., 1994).

DAIRA	Période de réalisation		Etat en juin 2000
	1985/1989	1990/2000	
Maghnia	05		Envasé à 100%
Mansourah	04		1 en bon état
Ghazaouet	02		Détruites
Sebdou	09		06 en bon état
Remchi	13		02 en bon état
Nédroma	09		Détruites
O. Mimoun	14		Détruites
Bab El Assa	14		03 en bon état
Sabra	07		01 en bon état
Chetouane		04	Hors service
Honaine		02	Hors service
Fillaoucène		02	Hors service
A. Tellout		08	07 en bon état
Total	77	16	20

c. Retenues collinaires

Le tableau 10 résume certaines caractéristiques des retenues collinaires existantes :

Tableau 10. Les retenues collinaires à travers la wilaya de Tlemcen (Adjim, 2003)

Nom	Surface du Bassin versant (km ²)	Capacité Mm ³	Hauteur de la digue (m)	Superficie irrigable (km ²)	Localité
O. El Guettara	21,4	0,5	15	80	Amieur
O. El Atchane	45,59	0,916	18	100	Ouled Riah
O. Sidi Senouci	15,5	0,5	13	80	Sidi Abdelli
Chabet El Alia	20,0	0,5	14	80	Sidi Abdelli
O. Magoura	50,0	1,4	8	120	Bouihi
O. Aich	24,9	1,783	18,0	120	Beni Boussaid
O. Tiloua	22,4	0,781	18,5	100	
O. Khalfoun	78	1,0	17	200	Ouled mimoun

Ce sont de petits ouvrages en terre destinés à emmagasiner des quantités d'eau peu importantes variant de 10.000 à 100000m³. Ils sont faciles à réaliser et à mettre en œuvre. Ils ne demandent pas de gros investissements et les délais de réalisation sont assez courts. Les volumes mobilisés par ces retenues sont surtout destinés à la mise en valeur agricole à petite échelle et l'abreuvement du Cheptel. (Bensaoula et Collignon, 1986).

CHAPITRE 03 : Potentialités hydriques et historique des cinq barrages dans la zone d'étude

A : nappes peu profondes, B : piémonts nord des Monts de Tlemcen, C : zones karstiques en position dominante, D : aquifères karstiques sous les conglomérats des hauts plateaux.

Actuellement, la zone d'étude connaît plus de 45 puits en état exploitable (A.N.R.H. 2018), ils sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau.11 : les forages exploités dans les diverses communes du bassin versant de la Tafna (A.N.R.H. 2018).

Commune	Nom de puits	P	X	Y	Z	N, statique(m)	N, piézo(m)
Sebdou	Seb piscine	P1	130050	149850	950	55	895
Sebdou	Dermam 3	P2	137425	159800	1010	32	978
Sebdou	Zebch2 bis	P3	129050	154050	1082	26	1056
Sebdou	Sidi Aissa	P4	129400	155700	935	3	932
Sebdou	Ain Berdil	P5	130600	156850	928	20	908
Terny	Moutas M01	P6	118100	170600	1130	28	1102
Terny	Sehb	P7	130400	165300	1098	31	1067
Terny	Terny 01	P8	130500	175650	997	50	947
Terny	Terny 02	P9	128450	175000	1050	43	1007
Tlemcen	Birouana01	P10	134650	182950	800	16	784
Tlemcen	Ksar chaara	P11	131900	184850	730	0	730
Tlemcen	les oliviers	P12	131425	185850	700	135	565
Tlemcen	Siege wilaya	P13	132750	183100	695	37	658
Tlemcen	Hopital01	P14	132000	183050	807	38	769
Tlemcen	Villa marguerit	P15	134250	182500	890	18	872
Tlemcen	Koudia	P16	130200	185,800	490	111	379
Tlemcen	Oudjlida	P17	131750	187580	570	74	496
Tlemcen	Sidi Otmane	P18	133800	184750	650	111	539
Tlemcen	Fedane sebae	P19	133700	185100	680	78	602
Bensekrane	Takbalet	P20	144500	212500	620	71	549
Bensekrane	Ain Takbalet1	P21	144950	215050	480	26	454
Maghnia	Akid lotfi	P22	84750	176050	447	29	418
Maghnia	M'samda	P23	94400	176450	420	27	393
Maghnia	Miaad	P24	823,800	177,500	440	28	412
Maghnia	Chebikia02	P25	81600	183600	421	41	380
Maghnia	Chebikia1bis	P26	81500	183600	443	14	429
H,Boughrara	S,Mechhor	P27	94150	189050	450	15	435
O, Mimoun	O,mimoun3	P28	159900	184450	439	26	413
O, Mimoun	O,mimoun2	P29	162250	185600	750	42	708
O, Mimoun	O,mimoun4	P30	163150	185650	730	23	707
Oued Lakhder	Chouly	P31	149500	182271	757	30	727
Oued Lakhder	Beni Ghazli	P32	141050	172300	963	20	943

CHAPITRE 03 : Potentialités hydriques et historique des cinq barrages dans la zone d'étude

Beni Smiel	Merbah02	P33	147540	168350	1110	32	1078
Azail	Tleta	P34	118400	159850	585	48	537
Azail	Azail	P35	119000	161250	575	75	500
Beni Senouss	Tagga	P36	113000	148000	745	12	733
Beni Senouss	Fahs02	P37	106,000	154,000	732	10	722
Beni Senouss	Fahs01	P38	106000	154000	695	19	676
Sidi Abdelli	S,a1Sab01	P39	150100	200500	530	82	448
Sidi Abdelli	S,a2Sab02	P40	151700	200550	540	94	446
Sidi Abdelli	S,Snoussi	P41	15544	192000	620	16	604
Sidi Abdelli	El Bordj1bis	P42	148200	198700	550	125	425
Sidi Abdelli	ElBordj2bis	P43	147700	198050	555	11	544
Chetouane	Chetouane01	P44	136250	188700	550	56	494
Chetouane	SafSafb1	P45	137400	186600	585	30	555

II.1. Analyse piézométrique

La mesure du niveau des eaux souterraines est d'une importance fondamentale dans l'hydrogéologie, le niveau des eaux souterraines de l'aquifère peut être utilisé pour plusieurs raisons, notamment pour la construction d'une carte piézométrique qui est nécessaire afin de connaître l'extension de l'aquifère, la direction et la vitesse de l'écoulement, ainsi que leur zones d'accumulation.

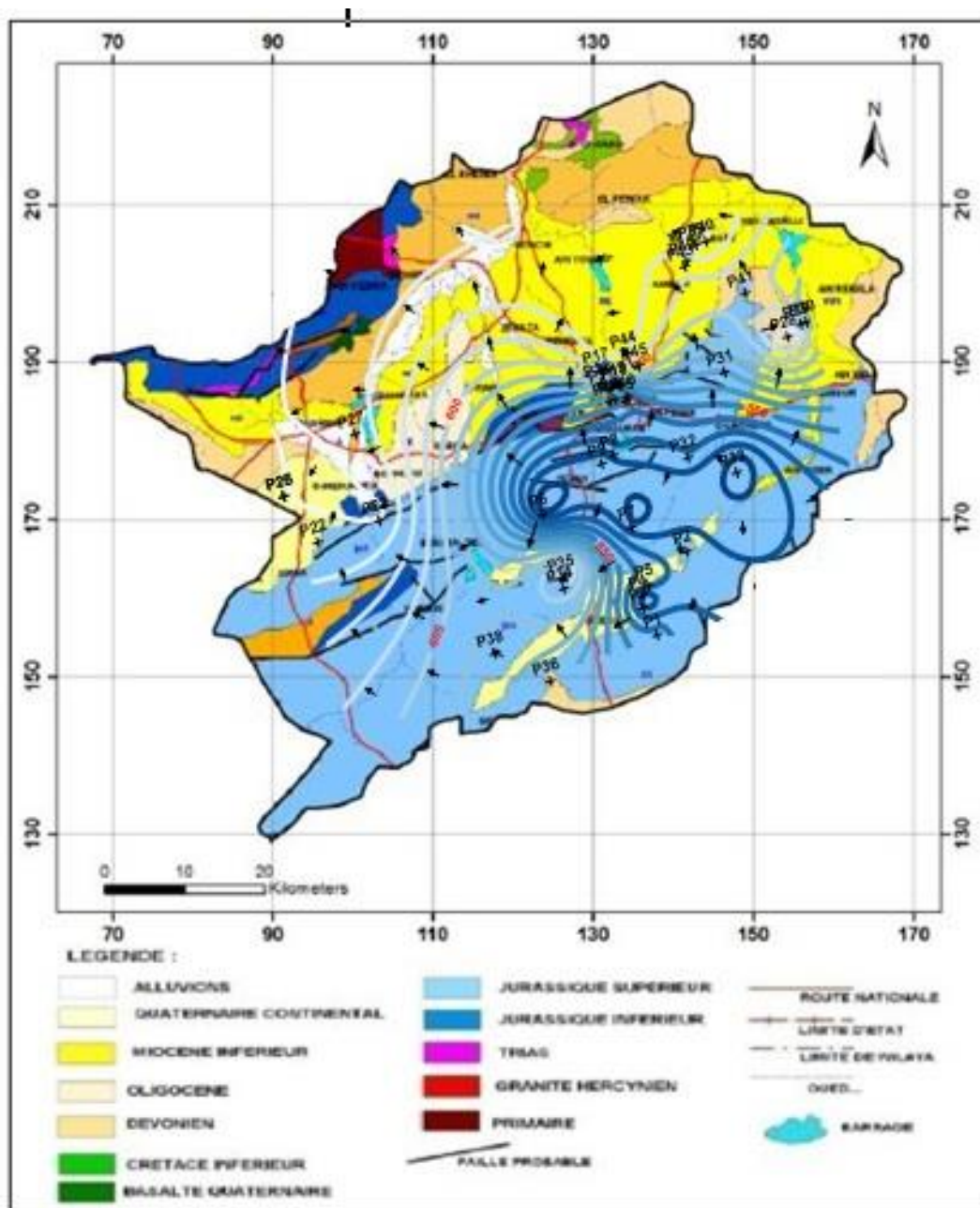
Dans ce travail, nous avons tenté de faire une étude piézométrique des 45 forages distribués sur notre région d'étude des cinq sous bassins versant étudiés pour l'année 2018, ce qui permet de faire une comparaison de potentialités des eaux souterraines.

II.1.1. Interprétation de la carte piézométrique

Sur la figure 16 en dessous, on remarque les axes sont majoritairement orientés sud-nord, Les zones de recharge de l'aquifère sont plus présentes dans la partie sud (S)-sud-sud-est (SSE). Il s'agit des parties les plus hautes de la surface piézométrique, où les iso pièzes sont rondes (sous bassins versants (Meffrouch et Béni Bahdel). La partie sud présente des gradients beaucoup plus forts que la partie nord, où les courbes de niveau sont bien plus espacées, a coté des crêtes piézométriques (sud),on trouve deux anomalies l'une a gauche (commune Azail) et l'autre à droite (bassins versants de Sikkak et Sidi Abdelli) sont présentées par des

CHAPITRE 03 : Potentialités hydriques et historique des cinq barrages dans la zone d'étude

dépressions situées aux sud et sud-est de la zone d'étude , et le déroulement des convergences des écoulements souterraines vers le bassin versant du barrage Hammam Boughrara, l'apparition de ces dépressions est due probablement à l'exploitation excessive des eaux souterraines .



— 600 — courbe isopièze , • (1,2,...45) forages , ➔ Sens d'écoulement

Figure 16. Carte thématique : croisement entre carte géologique et piézométrique.

CHAPITRE 03 : Potentialités hydriques et historique des cinq barrages dans la zone d'étude

IV. Caractéristiques des barrages

Le bassin versant de la Tafna comprend cinq grands barrages en service : barrage Béni Bahdel, barrage El-Meffrouche, barrage Sidi Abdelli, barrage Hammam Boughrara et enfin le barrage de Sikkak, leur caractéristiques sont résumés dans le tableau au dessous.

Tableau 12. Caractéristiques des cinq barrages du bassin versant de la Tafna.

Propriétés Barrages	Chronologie de réalisation	Choix de sites	Type de barrage	Destination
Béni bahdel	1945	Le contexte météorologique et la topographie du terrain	voutes cylindriques multiples et contreforts	<ul style="list-style-type: none"> ◆ AEP d'Oran et Ain Témouchent ◆ Irrigation la plaine de Maghnia Production électrique
Meffrouch	1962	Le régime des crues et les apports du bassin versant	Voutes multiples	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Alimentation en eau potable de la ville de Tlemcen
Sidi Abdelli	1988	La topographie et les apports du bassin versant	En terre	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Alimentation en eau potable de la wilaya d'Oran ◆ Valorisation agricole seulement par l'irrigation des terrains à la wilaya de Tlemcen
H.Boughrara	1998	Les conditions géologiques et géotechniques	En terre	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Il est destiné principalement à la satisfaction des besoins en eau potable de la wilaya d'Oran. ◆ Une partie est réservée à l'irrigation du périmètre agricole de Maghnia
Sekkak	2004	La morphologie de la vallée	En terre	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Alimentation en eau potable de la ville de Tlemcen ◆ Irrigation de la plaine de Hennaya

CHAPITRE 03 : Potentialités hydriques et historique des cinq barrages dans la zone d'étude

1) Barrage de Beni Bahdel

Le barrage de Beni Bahdel, construit sur l'oued Tafna est situé au sud-ouest de la ville de Tlemcen. Il se trouve immédiatement à l'aval de la jonction des deux rivières, rive droite oued Sebdou avec un important cours d'eau et rive gauche oued Khemis qui prend sa source à proximité de la frontière Algéro-Marocaine. (Fig.17, photo 01).

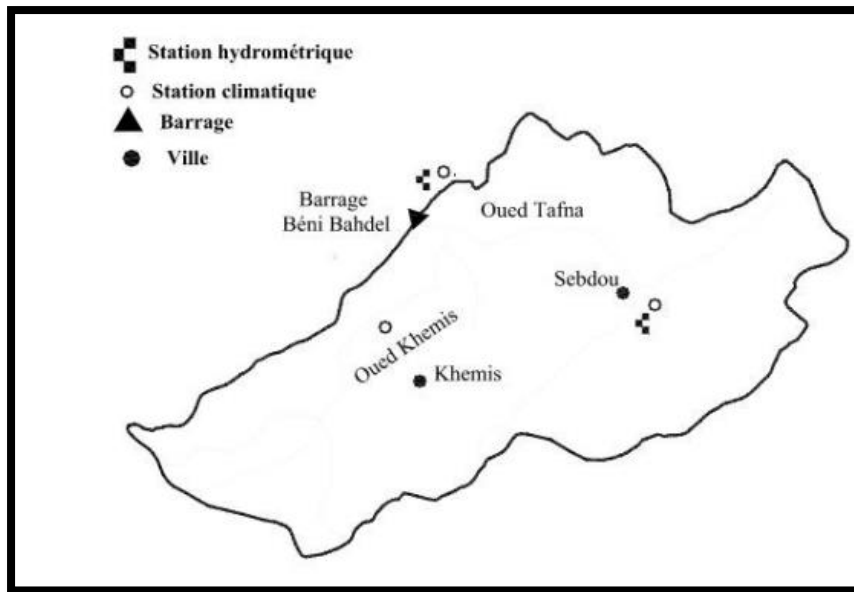


Figure 17. Schématisation de la carte du bassin versant à l'amont du barrage Béni bahdel (Ghomri et Mahammedi, 2017).

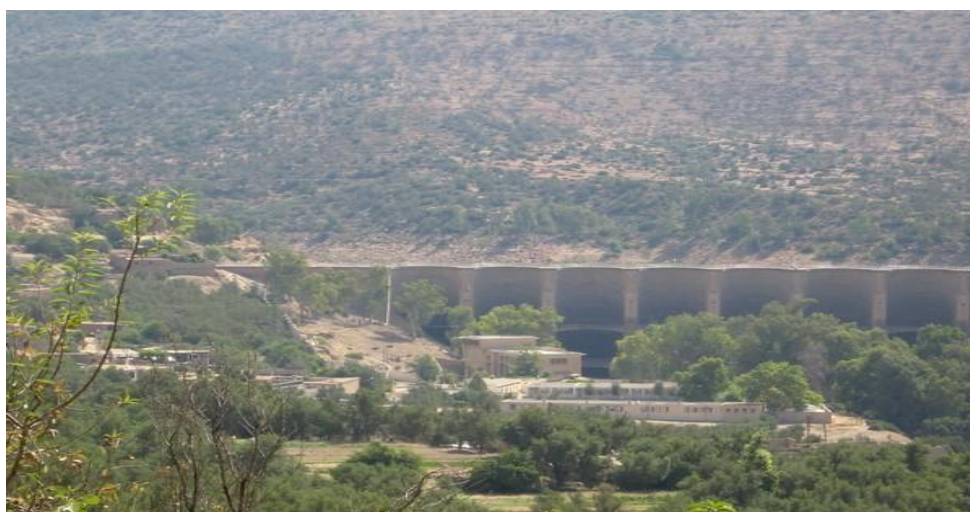


Photo.01 : Vue de face du barrage de Béni Bahdel. (Ghomri et Mahammedi, 2017).

CHAPITRE 03 : Potentialités hydriques et historique des cinq barrages dans la zone d'étude

Fiche Techniques du barrage :

- ✓ Volume de retenue : **63 Hm³**.
- ✓ Volume actuel : **54.63 Hm³**.
- ✓ Cote normale : **653.40 m**.
- ✓ Débits de tour de vidange de fond : **75 m³/s**.
- ✓ Vanne secteur : **200m³/s**.

2) Barrage de Hammam Boughrara

Le barrage de Hammam Boughrara se trouve à 13 Km à l'est de la ville de Maghnia (W.Tlemcen). Il est situé sur l'Oued Tafna dans la partie Ouest de l'Algérie à la frontière marocaine. Il est alimenté par Oued Mouilah **(Fig. 18, photo.02)**.

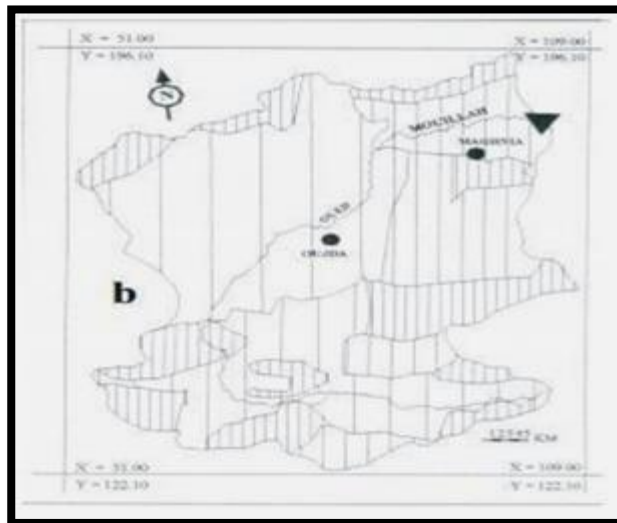


Figure 18. Carte schématique du bassin versant du Boughrara.
(Ghomri et Mahammedi. 2017).



Photo.02 : Vue de face du barrage de Hammam-boughrara. (Ghomri et Mahammedi .2017)

CHAPITRE 03 : Potentialités hydriques et historique des cinq barrages dans la zone d'étude

Caractéristique du réservoir

- ✓ Volume totale de la retenue : 177 Hm³.
- ✓ Volume utile de la retenue : 153.7 Hm³.
- ✓ Volume régularisé : 59 Hm³.
- ✓ Niveau de retenue normal (NRN) : 305 m.
- ✓ Niveau de plus hauts eaux (PHE) : 309.3 m.
- ✓ Niveau d'eau mort : 277.5 m.
- ✓ Superficie du lac au NRN : 894 m.

3) Barrage de Meffrouche

La construction de ce barrage a été déroulée de 1957 jusqu'en 1963. D'une capacité de 15 millions m³. Il est alimenté par l'Oued Nachef. Le barrage de El-Meffrouche est parmi les barrages les plus stables en Algérie, c'est une bonne région pour conserver l'eau à cause de la localisation du barrage qui est située dans le haut de la ville de Tlemcen puisque la gestion des distributions est très facile et moins coûteuse. Ce barrage est un site touristique et aussi il est alimenté par les cascades de L'Ourit. (Fig.19 et photo.03).

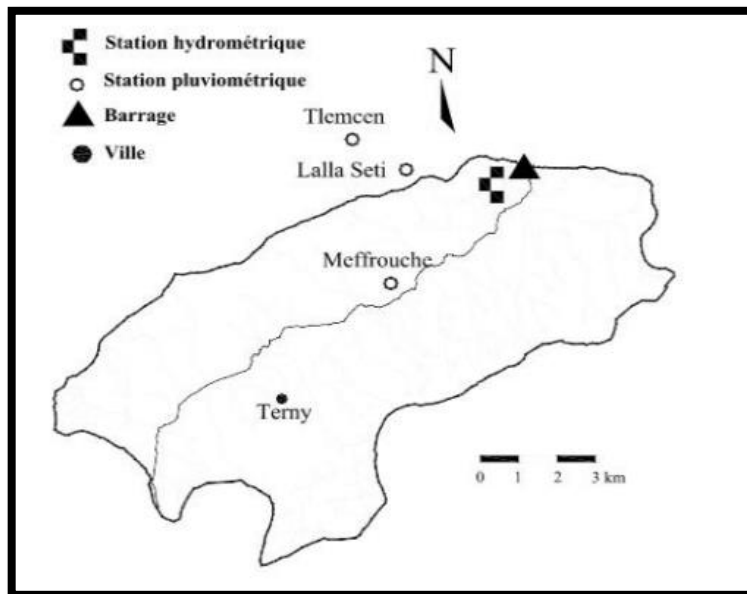


Figure 19. bassin versant du barrage Meffrouche. (Ghomri et Mahammed, 2017)

CHAPITRE 03 : Potentialités hydriques et historique des cinq barrages dans la zone d'étude

Fiche technique

- ✓ Volume de retenue : 15 Hm³.
- ✓ Cote de la digue normale : 1100 m.
- ✓ Cote de couronnement au seuil : 1122 m.
- ✓ Hauteur de la digue : 26 m.
- ✓ Longueur: 531 m.
- ✓ N° de voûtes dans la digue : 17 ; Et 18 contreforts.
- ✓ N° de vannes de prises d'eau : 3.



Photo 03 : barrage de Meffrouche . (Ghomri et Mahammedi, 2017)

4) Barrage Sikkak

Le barrage Sikkak est réalisé pour les besoins d'irrigation de la plaine de Hennaya ainsi que l'alimentation en Eau Potable de la ville de Tlemcen. Il a une capacité de 30Mm³ et régularise un volume de 25 Mm³. La superficie du bassin versant correspondant est de 251Km². Cet ouvrage est réalisé sur l'oued Sikkak, affluent de la Tafna. (Fig.20 et photo.04).

CHAPITRE 03 : Potentialités hydriques et historique des cinq barrages dans la zone d'étude

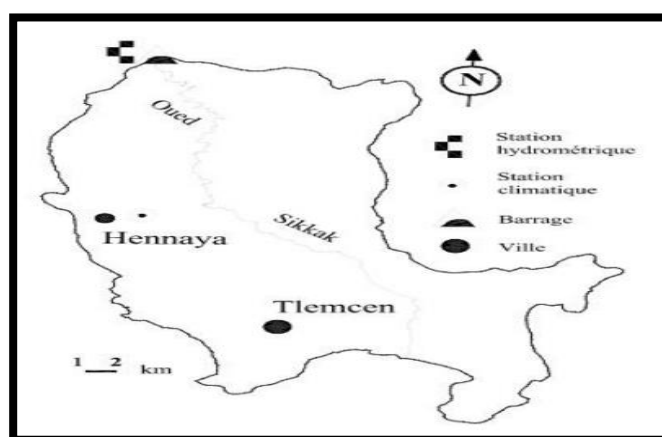


Figure 20. bassin versant Oued Sikkak. (Ghomri et Mahammedi .2017)



Photo.04: Carte schématique du bassin versant du barrage Sikkak.

(Ghomri et Mahammedi, 2017).

◆ Fiche technique

- ✓ Volume totale de la retenue : 27 Hm³.
- ✓ Volume utile de la retenue : 23.5 Hm³.
- ✓ Cote de la digue normale : 1100 m.
- ✓ Hauteur de la digue : 45 m.
- ✓ Largeur de la digue : 10m.

CHAPITRE 03 : Potentialités hydriques et historique des cinq barrages dans la zone d'étude

5) Barrage Sidi abdelli

Le barrage de Sidi Abdelli nommé EL-Izdihar est érigé sur l'oued Isser. Il est situé au Nord du village de Sidi Abdelli à l'amont de la ville de Bensekrane et à 37 km de la ville de Tlemcen (**Fig.21 et photo.05**). C'est un barrage en terre un noyau argileux. La construction du barrage a débuté en 1979 et a duré 10 ans (1979-1989). Il a été mis en service en 1990.

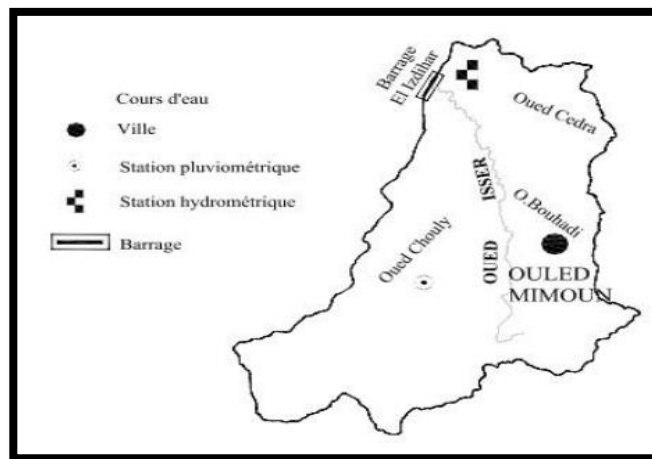


Figure 21. Carte schématique du bassin versant : barrage Sidi Abdelli. (Ghomri et Mahammed, 2017).



Photo 05 : Vue lointaine du barrage Sidi-Abdelli . (Ghomri et Mahammed, 2017).

CHAPITRE 03 : Potentialités hydriques et historique des cinq barrages dans la zone d'étude

Les caractéristiques de la digue du barrage sont :

- Capacité utiles 109 hm³
- Niveau de la crête : 353,5m
- Niveau de la retenue normale : 345m
- Niveau maximum exceptionnel : 351,3m
- Surface de la retenue normale : 660 ha
- Hauteur maximum : 60m
- Longueur en crête : 665m

V. Conclusion

Dans la wilaya de Tlemcen, l'impact des conditions climatiques sur la potentialité des ressources en eaux, qu'elles soient superficielles ou souterraines, est bien marqué. Les autorités locales ainsi que les services concernés par l'exploration et la gestion des ressources en eau déploient beaucoup d'efforts pour assurer au citoyen une dotation journalière répondant aux normes nationales. Ceci nécessite parfois la réalisation des barrages afin d'assurer l'eau en urgence ou alors la réaffectation de volumes mobilisées à d'autres fins plus vitales ou prioritaires.

La principale conséquence à cela est le risque de voir ces ressources en eau menacées par la pollution car, très souvent, on attache peu d'importance à la mise en place de périmètres de protection à ces ouvrages. Nous considérons que l'accessibilité des eaux souterraines est plus remarquable au sud et nord de notre bassin versant étudié.

**CHAPITRE 04 : Synthèse d'exploitation des
ressources en eau actuelles disponibles dans le bassin de
la Tafna**

CHAPITRE 04 : Synthèse d'exploitation des ressources en eau actuelles disponibles dans le bassin de la Tafna

I. Introduction

Le phénomène de l'envasement des barrages est la conséquence de l'érosion et du transport solide. Il enregistre les valeurs les plus élevées au Maghreb et plus particulièrement en Algérie. L'envasement des barrages est l'une des conséquences la plus dramatique de l'érosion hydrique (Rémini et al., 2016), c'est dans ce chapitre que notre travail porte sur l'estimation du taux d'envasement des barrages étudiés dans le bassin versant de la Tafna.

Les possibilités de mobilisation des ressources en eau superficielles, leur stockage dans des retenues, dépendent du degré de la disponibilité de ces ressources.

a) Evolution du taux de remplissage des barrages

Le tableau suivant résume les taux de remplissages des barrages en exploitation.

Tableau 13 : Taux de remplissage des cinq barrages du bassin versant de la Tafna.

Barrage	Meffrouche (15Hm ³)	Benibahdel (63Hm ³)	SidAbdeli (110Hm ³)	H.Bouhrara (177Hm ³)	Sikkak (27Hm ³)
Année	Taux de remplissage des cinq barrages				
1974-1975	51%				
1975-1976	56%	42%			
1976-1977	38%	13%			
1977-1978	25%	32%			
1978-1979	23%	26%			
1979-1980	39%	48%			
1980-1981	65%	66%			
1981-1982	15%	31%			
1982-1983	1%	16%			
1983-1984	0%	12%			
1984-1985	1%	9%			
1985-1986	43%	30%			
1986-1987	54%	31%			
1987-1988	0%	6%			
1988-1989	12%	19%			
1989-1990	1%	6%			
1990-1991	63%	38%			
1991-1992	27%	48%	30%		
1992-1993	12%	28%	13%		
1993-1994	6%	18%	11%		
1994-1995	36%	35%	9%		
1995-1996	47%	62%	26%		
1996-1997	55%	21%	10%		

CHAPITRE 04 : Synthèse d'exploitation des ressources en eau actuelles disponibles dans le bassin de la Tafna

1997-1998	1%	11%	9%		
1998-1999	22%	27%	10%		
1999-2000	5%	19%	5%	17%	
2000-2001	19%	31%	20%	17%	
2001-2002	3%	25%	27%	11%	
2002-2003	30%	32%	33%	11%	
2003-2004	32%	24%	22%	11%	
2004-2005	16%	13%	13%	14%	21%
2005-2006	1%	19%	4%	24%	36%
2006-2007	5%	21%	3%	34%	29%
2007-2008	0%	14%	1%	36%	20%
2008-2009	76%	66%	67%	72%	84%
2009-2010	60%	62%	69%	85%	87%
2010-2011	57%	58%	63%	76%	86%
2011-2012	45%	37%	58%	69%	88%
2012-2013	72%	48%	81%	88%	90%
2013-2014	77%	59%	92%	98%	94%
2014-2015	69%	52%	91%	97%	94%
2015-2016	90%	57%	92%	99%	95%

L'évolution des taux de remplissage des cinq barrages étudiés reflète une irrégularité très accentuée (Fig.22).

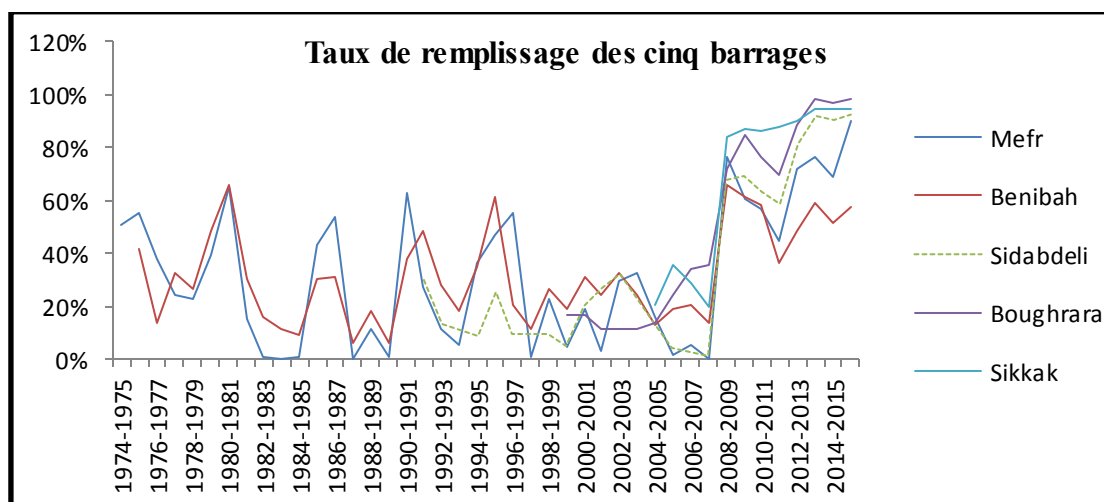


Figure 22. Taux de remplissage des cinq barrages étudiés.

Il faut distinguer deux périodes : une de 1974 à 2008 où le taux de remplissage des barrages fluctuait entre 0% et 66%, pour le barrage Meffrouche avec une moyenne de 24% , le max 65% et la minimale 0% pour le barrage Beni-bahdel avec une moyenne de 27% , le maxi

CHAPITRE 04 : Synthèse d'exploitation des ressources en eau actuelles disponibles dans le bassin de la Tafna

66% et la minimale 6% , pour le barrage Sidi-Abdelli avec une moyenne 15% , le max 33% , et la minimale 1% , pour le barrage Hammam-bougrara avec une moyenne 20% , le max 36% et la minimale 11% , pour le barrage Sikkak avec une moyenne 27% , le max 36% et la minimale 20% .

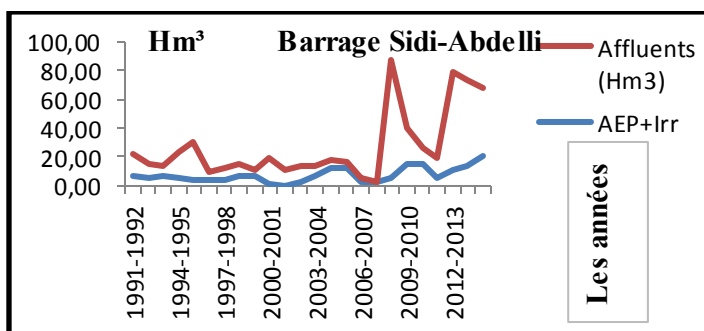
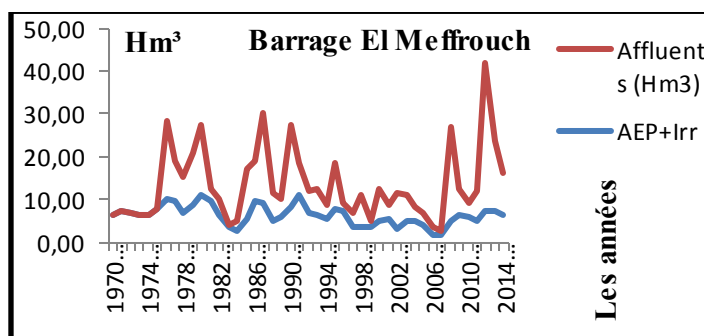
Une deuxième période allant de 2009 à 2016, où les barrages ont enregistré des taux de remplissage très élevés dépassant les 70% en moyenne.

◆ Interprétation et discussion

On remarque que pour la première période entre 1974 à 2008, le taux de remplissage varie entre 20 et 30 % en moyenne pour les cinq barrages. Cette baisse du taux dépend essentiellement des faibles cumuls pluviométriques caractérisant les années déficitaires des années 1980 à 1990, par contre la deuxième phase entre 2009 à 2016 se caractérise par des taux de remplissage supérieurs à 70% témoignant d'une période humide spécifique d'une pluviométrie assez abondante.

II. Variation des apports liquides en fonction des besoins en (AEP) et en irrigation

La figure 23, ci après représente l'évolution des consommations annuelles en AEP et en irrigation en fonction des apports liquides au niveau de chaque barrage.



CHAPITRE 04 : Synthèse d'exploitation des ressources en eau actuelles disponibles dans le bassin de la Tafna

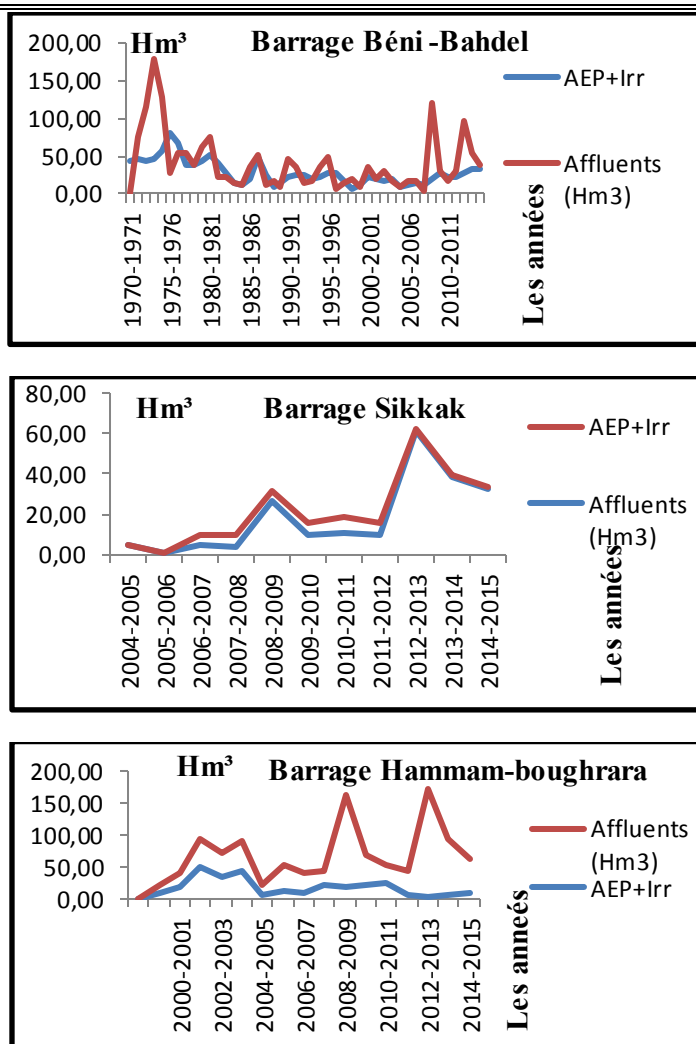


Figure 23. Représentation des apports liquides en fonction des besoins (AEP+Irrigation).

◆ Interprétation et discussion

A partir de la figure précédente, on déduit que les barrages Meffrouche, Sidi-Abdelli, Béné-bahdel enregistrent un basculement entre les apports liquides entrants (les affluents) et les débits d'eau sortant (AEP+Irrigation), cela peut être lié aux besoins en eau consommable et aussi à l'infiltration vers les réservoirs souterraines ainsi qu'aux fuites d'eau, par ailleurs, le barrage Hammam-bouhrara présente une stabilité des besoins d'eau et une augmentation des apports liquides entrant se qui indique que les fuites d'eau sont presque négligeables, par contre, le barrage Sikkak reflète une élévation des débits d'eau sortants (AEP+Irrigation) ce qui annonce une demande très importante pour l'arrosage des terrains agricoles et aussi le développement démographique qui accroisse les besoins en eau potable.

CHAPITRE 04 : Synthèse d'exploitation des ressources en eau actuelles disponibles dans le bassin de la Tafna

III. Synthèse sur l'exploitation des ressources disponibles à l'état actuel :

Le bassin de la Tafna comprend un important système de transfert d'eau vers les autres wilayas qui va de pair avec la multitude de réservoirs de stockage et les multiples usagers desservis impliquant l'existence de transfert interbassins (Araf, 2012). Les wilayas Aïn Témouchent, Sidi Belabbes et Maghnia dépendaient des transferts d'eau potable de la wilaya de Tlemcen, à partir des barrages de Béni Bahdel, Sidi Abdelli et Hammam Boughrara, avant de bénéficier des eaux des stations de désalement. Un volume total de 22.63 Hm³/an est transféré pour une capacité totale de 174 Hm³/an. (Bensaouala et Adjim, 2008).

Le tableau 14 suivant porte les valeurs moyennes annuelles des fuites, évaporation, et consommations (AEP+irrigation) et les affluents des cinq barrages.

Tableau 14 : Valeurs moyennes annuelles des facteurs ; en (AEP), Irrigation, fuites, évaporations et Affluents des barrages (A.N.R.H, 2018).

Facteurs barrages	AEP (Hm ³)	Irrigation (Hm ³)	Fuites (Hm ³)	Evaporations (Hm ³)	Affluents (Hm ³)
Mefrouche	5.55	0.66	1.15	1.09	7.23
Sidi-Abdelli	6.052	0.57	0.99	2.43	19.38
Béni-Bahdel	21.62	6.78	1.55	2.55	39.70
H.Boughrara	13.93	2.94	6.25	6.37	52.57
Sikkak	3.09	0.17	0.2	1.54	18.53

a. Prospections des eaux souterraines par forages :

Les seules prospections effectuées avant 1970 sont celles du barrage Meffrouche (Gevin, 1987) et une profonde reconnaissance (600 m) dans la région de Beni Bahdel (Gautier, 1952; Bensaoula, 2006). Après cela, les prospections ont touché les piémonts sud des Monts de Tlemcen où les ressources en eau ont toujours été faibles. Dès les années 80, le développement industriel ainsi démographique de la région de Tlemcen a poussé les autorités locales à multiplier les prospections par forages pour mobiliser une ressource en eau plus

CHAPITRE 04 : Synthèse d'exploitation des ressources en eau actuelles disponibles dans le bassin de la Tafna

grande. Ceci explique la montée en flèche du nombre de mètres linéaires forés entre 1980 et 2000 (Tableau 15, figures 24). Après cela, la situation est devenue plus stable car les débits mobilisés sont assez suffisants pour subvenir aux besoins de la population (Bensaoula, 2006).

Tableau.15 : Etat des forages réalisés à travers les Monts de Tlemcen.

(Bensaouala et Adjim, 2008).

Période de réalisation	Nombre de forages	Linéaire foré (m)	Zone prospectée
Avant 1970	20	1644,6	Meffrouch, Beni Bahdel
1970 – 1980	12	1811	Terny, El Gor, El Aricha.
1980 – 1990	53	12642,75	Tlemcen Sebdou
1990 – 2000	51	11620	-
2000 – 2004	22	7715	Zone frontalière
Total	158	35433,35	Monts de Tlemcen et piémonts

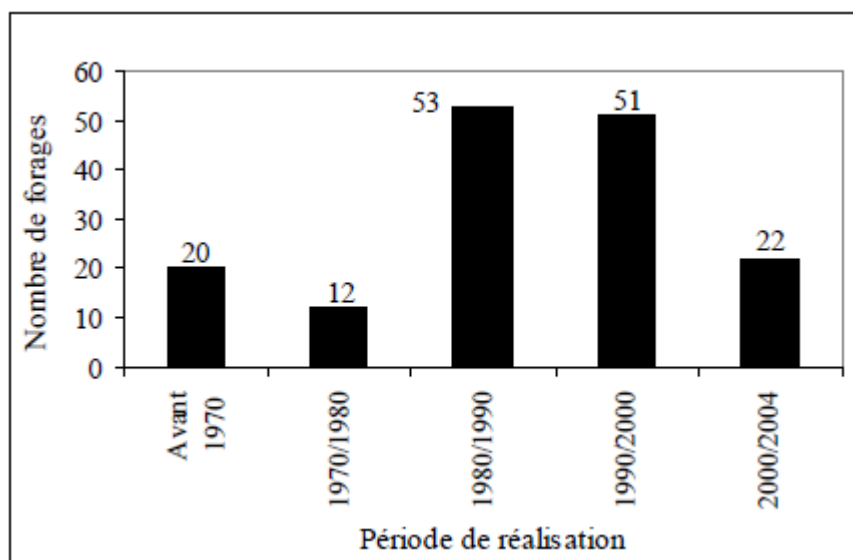


Figure 24. Etat des réalisations de forages à travers les Monts de Tlemcen

(Bensaoula, 2006).

CHAPITRE 04 : Synthèse d'exploitation des ressources en eau actuelles disponibles dans le bassin de la Tafna

IV. Conclusion

Les ressources en eau, qu'elles soient superficielles ou souterraines, ont un impact direct sur le développement socio-économique d'une région. Ainsi, il est indispensable avant toute tentative d'exploitation des potentialités en eaux de bien étudier leur contexte hydrogéologique. Une fois leur mode de gisement identifié, on opte pour le type d'ouvrage le mieux adapté techniquement et économiquement. Dans le bassin versant de la Tafna, depuis une trentaine d'années, par une pluviométrie en baisse à laquelle s'ajoute une explosion démographique qui a mené à une vulnérabilité intensive des ressources en eau. L'impact des conditions climatiques et l'hétérogénéité géologiques des terrains sur les potentialités des ressources en eaux, qu'elles soient superficielles ou souterraines, est bien marqué. Ceci nécessite parfois la réalisation d'ouvrages de mobilisation en urgence ou alors la réaffectation de volumes mobilisées à d'autres fins plus vitales ou prioritaires. Malgré la richesse de notre zone d'étude par les ouvrages superficiels, on a une accessibilité des eaux souterraines non régulière sur notre régions d'étude c'est-à-dire elle est très fréquente au sud exactement dans les monts de Tlemcen et très faible ailleurs, ce qui indique une rareté des ressources hydriques, qui contraint les études au futur d'appliquer une nouvelle politique afin de bien gérer les ressources d'eau superficielles et souterraines en couvrant tous les besoins de la population.

**PARTIE III : Facteurs influençant la perte de capacité
utile des barrages**

CHAPITRE 5 : Evaluation des pertes par envasement, par évaporation et par fuites d'eau

CHAPITRE 5 : Evaluation des pertes par envasement, par évaporation et par fuites d'eau

I. Introduction

Durant la dernière décennie des études ont révélé qu'en Algérie, la quantité d'eau douce potentielle dans certains bassins versants est sévèrement diminuée par l'envasement des barrages, l'évaporation de surface et les fuites d'eau par les rives et les fondations. En effet les 57 grands barrages d'une capacité totale de 6,8 milliards de m³ perdent annuellement 45 millions de m³ de leur capacité par envasement soit une réduction de capacité de 0,65 %/an (**Rémini et al., 2009**). Ces mêmes auteurs ont confirmé que les mesures de l'évaporation, effectuées sur 39 grands barrages, indiquent une perte annuelle moyenne de 250 Mm³, soit 6,5 % de leur capacité maximale. Par ailleurs les pertes par infiltration incontrôlée dans les rives et fondations évaluées dans 22 barrages s'élèvent à 40 Mm³ /an. Le phénomène de l'envasement des barrages est l'aboutissement d'un processus naturel d'érosion des bassins versants et du sapement des berges des cours d'eau. Ce phénomène naturel enregistre les valeurs les plus élevées dans les régions arides et semi arides. L'envasement qui représente les dépôts successifs des sédiments, pose des problèmes de quantité et de qualité des eaux des barrages (**Remini et Bensafia, 2016**).

Les retenues de barrages sont ainsi exposées aux différents problèmes hydrauliques tels que l'évaporation intense, les fuites d'eau, et l'envasement. Ces phénomènes réduisent la quantité d'eau emmagasinée dans la cuvette du barrage d'une part et menacent la stabilité de la digue d'autre part.

Le problème d'envasement est le plus désastreux de tous les problèmes hydrauliques qui touchent les retenues de barrage en Algérie ou à travers le monde. En effet, l'obturation des organes de vidange, la sécurité de l'ouvrage, l'envasement des canaux d'irrigation, la dégradation de la qualité de l'eau qui s'ajoute à la réduction de la capacité de la retenue sont parmi ces conséquences majeures.

L'évaporation est l'un des facteurs qui génère des pertes d'eau importantes sur la capacité des barrages, notamment dans les régions arides et semi arides où elle peut atteindre des valeurs considérables. L'évaporation dépend d'un grand nombre de facteurs, elle affecte des eaux des lacs et des barrages. Toutefois, le suivi au cours du temps de ces pertes permet de prévoir les quantités futures stockées dans leurs cuvettes.

CHAPITRE 5 : Evaluation des pertes par envasement, par évaporation et par fuites d'eau

Le phénomène des fuites d'eau est très complexe car il menace les quantités d'eau accumulées dans la plupart des barrages à travers le monde et engendre une inquiétude sur la stabilité de ces ouvrages hydrauliques. Les fuites d'eau sont inévitables quel que soit l'emplacement d'un barrage. Elles ont lieu non pas à travers le corps de l'ouvrage, mais travers les rives et les fondations. En raison de la forte poussée hydrostatique exercée par l'eau de la retenue sur le fond et les berges de l'ouvrage. (Toumi et Remini, 2006).

Objectifs, Données et méthodes

Dans cette partie, nous traiterons les problèmes d'envasement, de fuites d'eau et d'évaporation au niveau des cinq barrages étudiés du bassin versant de la Tafna.

L'utilisation de toutes les données existantes à l'échelle régionale, du bassin versant, des cinq ouvrages voire même historiques s'avère d'une très grande utilité pour avoir une idée précise sur la perte de la capacité utile des barrages. Le recueil de ces données a été faite auprès de l'agence nationale des ressources hydriques d'Oran.

Nous allons élaborer cette partie comme suit :

- Estimer les pertes d'eau sous l'influence des trois facteurs : Evaporation, envasement et fuites d'eau de chacun des barrages.
- Comparer l'évolution des pertes en fonction du temps entre les cinq barrages.
- Interpréter les résultats et en discuter les causes de cette variabilité des pertes.
- Proposer des solutions pour atténuer l'impact des facteurs influençant sur la perte de capacité de chaque barrage.

1. Pertes par envasement

La réduction de la capacité de stockage de l'eau d'un barrage est la conséquence la plus dramatique des dépôts successifs de sédiments dans une retenue de barrage qui réduit par la suite sa durée de vie.

Des données de concentrations en sédiments (Cs) et des débits liquides instantanées (Ql), ont été recueillies auprès de l'A.N.R.H d'Oran afin de pouvoir estimer les apports solides annuels (Tableau 16).

Le flux annuel des matières solides en suspension A_s (tonne) est calculé par la formule :

CHAPITRE 5 : Evaluation des pertes par envasement, par évaporation et par fuites d'eau

$$A_s = \sum_{j=0}^N \frac{[Q_j C_j + Q_{j+1} C_{j+1}]}{2} (t_{j+1} - t_j)$$

Où : C_j est la concentration des sédiments en suspension mesurée à l'instant t_j correspondant au débit liquide Q_j ; N est le nombre de prélèvements effectués sur l'année considérée; $(t_{j+1} - t_j)$ est le pas de temps séparant deux prélèvements consécutifs.

Tableau 16 : valeurs max, min, moyennes du transport solide et dégradation spécifique des cinq bassins d'étude.

Barrage- Bassin versant	Benibahdel	Meffrouche	SidiAbdelli	H.Boughrara	Sikkak
Code station de jaugeage -Période-	160402 (1971/2015)	160726 (1975/2015)	160614 (1991/2015)	160202 (1999/2015)	160727 (2004/2015)
Maximum (tonne)	606614	34086	539878	1147896	160894
Minimum (tonne)	345026	19230	148508	767567	85659
Moyenne (tonne)	464635	26340	401250	924944	125342
Ecart type (tonne)	59787	3465	80658	102821	22495
Coefficient de variation(Cv)	12,87%	13,15%	20,10%	11,12%	17,95%
Dégradation spécifique (t/km ² /an)	457	293	353	411	384

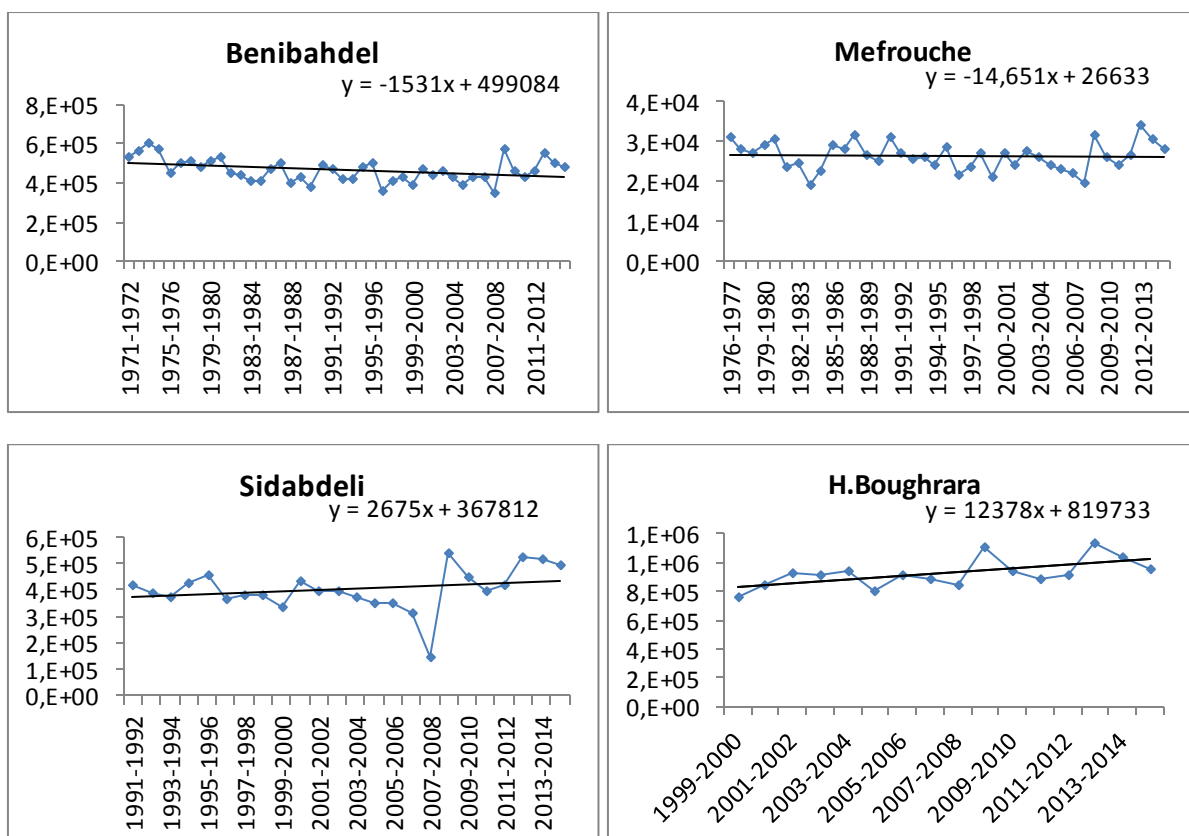
D'après le tableau ci-dessus on remarque qu'en général les valeurs moyennes des apports solides varient proportionnellement à la surface du bassin versant. Le bassin de Benibahdel enregistre une moyenne supérieure à celle de Sidabdeli, cela témoigne davantage le caractère montagneux prononcé des reliefs à Bénibahdel en plus des conditions hydroclimatiques très favorables dans cette région à l'érosion et la dégradation des sols.

Les dégradations spécifiques des cinq bassins versants varient en moyenne entre 300 et 500 t/km²/an, les plus élevées caractérisent le bassin de Benibahdel et de H.Boughrara, elles sont sous-estimées par rapport à celles proposées dans le Maghreb pouvant aller jusqu'à 2500 t/km²/an (Heusch et Millies-Lacroix, 1971) mais proches de celles estimées dans quelques sous bassins de l'Ouest algérien (Achite et Ouillon, 2007 ; Bouanani, 2004 ; Ghénim et al., 2008 ; Megnoui, 2007).

CHAPITRE 5 : Evaluation des pertes par envasement, par évaporation et par fuites d'eau

En effet, les faibles valeurs de dégradations trouvées peuvent être dues à une décroissance pluviométrique depuis la fin des années 1970 subit par l'ensemble des bassins méditerranéens semi arides avec un déficit d'écoulement de l'ordre de 70% (Meddi & Hubert, 2003). Cette sécheresse accentue l'évapotranspiration au détriment de l'écoulement. D'ailleurs durant les périodes d'observation les coefficients d'écoulement moyens interannuels n'ont pas dépassé 10 %. Le transport solide nécessite des pluies intenses pouvant arracher les particules à la roche mère et un écoulement conséquent pour les évacuer. Cependant d'autres facteurs contribuent à l'exportation des sédiments à savoir la surface des bassins, le contexte géomorphologique, climatique et géologique. La conjonction de ces différentes caractéristiques induit une érosion forte, difficile à quantifier (Remini et al, 2009).

Les coefficients de variation des apports solides oscillent entre 10 et 20 %, ce qui traduit une irrégularité interannuelle des flux relativement importante caractérisant presque les cinq bassins. La variation annuelle des apports solides est représentée dans la figure 25.



CHAPITRE 5 : Evaluation des pertes par envasement, par évaporation et par fuites d'eau

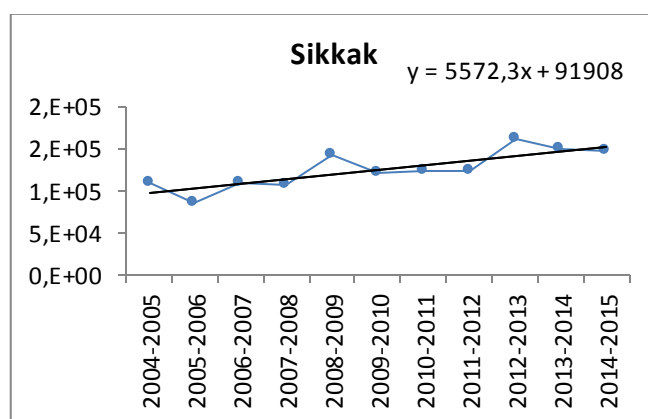


Figure 25. Evolution temporelle des apports solides annuels des cinq bassins versants.

En prenant comme densité moyenne de la vase égale à 2.65, le volume des sédiments est donné par la relation :

$$V_s = (A_s) / 2,65 * 10^{-6}$$

Avec :

V_s : Volume de la vase en Hm^3 .

A_s : L'apport solide moyen annuel (tonne).

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 17 : Volume total des sédiments dans les cinq barrages.

Bassin versant	Beni bahdel	Meffrouche	Sidi abdelli	H.bougrara	Sikkak
Periode	1971-2015	1975-2015	1991-2015	1999-2015	2004-2015
Cumul des apports solides (tonne)	20443957	1027248	9629989	14799107	1378760
Volume solide total (Hm^3)	7,715	0,388	3,634	5,585	0,520

Les taux d'envasement pour les cinq barrages sont donnés au tableau ci-dessous :

CHAPITRE 5 : Evaluation des pertes par envasement, par évaporation et par fuites d'eau

Tableau 18 : Taux d'envasement total dans les cinq Barrages.

Les barrages	Capacité initiale (Hm ³)	Apports solides (tonne)	Durée (an)	Envasement (Hm ³)	Taux d'envasement total en (%)	Perte de capacité en (%/an)
Benibehdel	63	20443957	45	7,715	12,25	0,272
Meffrouche	15	1027248	40	0,388	2,58	0,065
Sidi abdelli	110	9629989	25	3,634	3,30	0,132
H,Boughrara	177	14799107	16	5,585	3,16	0,197
Sikkak	27	1378760	11	0,520	1,93	0,175
Total	392	47261061	/	17,841	23,22	0,84

La figure ci-dessous représente la variation du taux d'envasement dans les cinq barrages.

Nous constatons que l'envasement dans les quatre barrages Meffrouche, Sidabdéli, H.boughrara et Sikkak, est sensiblement faible en raison peut être des sous-estimations des apports solides dues aux lacunes dans les séries d'observation. Le barrage de Beni behdel accuse un fort taux d'envasement avec un taux 12,25 % comparativement à celui de Meffrouche sur une période presque égale (40 à 45 années), cette élévation de l'envasement dans le barrage, en plus de l'importance de sa surface, est causée aussi par les flux solides issus d'une confluence en amont de deux oueds (oued Sebdou et oued Khémis).

Les trois autres barrages ayant des taux d'envasement relativement voisins, mais qui dépendent de la surface des bassins, de la durée d'observation et essentiellement du relief ainsi que des types de sols des différents bassins versants.

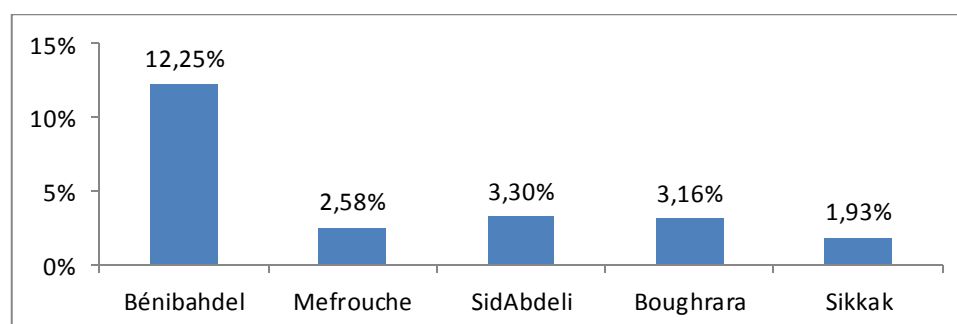


Figure 26. Pourcentage moyen de l'envasement dans les barrages étudiés.

CHAPITRE 5 : Evaluation des pertes par envasement, par évaporation et par fuites d'eau

Les pertes de capacité moyennes annuelles par envasement sont estimées entre 0,065 % et 0,272 % avec une perte totale pour les cinq barrages de la Tafna de 0,84 %/an, cette valeur est relativement voisine de celle estimée (soit 0,65 %/an) pour les 57 plus importants barrages de l'Algérie (Rémini et al., 2009).

Le tableau suivant résume quelques valeurs moyennes d'envasement pour le Maghreb :

Tableau 19 : Envasement annuel moyen de quelques bassins du Maghreb.

Pays/Bassin	Nbre de barrages	Capacité totale (Hm ³)	Volume d'env. (Hm ³ /an)	Perte de capacité annuelle (%/an)
Algérie	57	6800	45	0,65
Maroc	25	14000	65	0,46
Tunisie	17	2600	30	1,15
Tafna (5 barrages)	5	392	17,84	0,84
Ighil Emda (Est Algérie)	1	155	1,22	0,87
Gargar-Bouhanifia-Ouizert(Ouest Algérie)	3	623	4,54	0,73

CHAPITRE 5 : Evaluation des pertes par envasement, par évaporation et par fuites d'eau

1. Pertes par évaporation du plan d'eau

Introduction

En Algérie, la mesure de l'évaporation est confiée aux services de l'office national de la météorologie (ONM) et aux services de l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH). La détermination de la valeur de l'évaporation des plans d'eau en Algérie est effectuée donc à partir des stations météorologiques équipées de bacs d'évaporation de ces deux organismes (ONM et ANRH). En absence de ces bacs, elle est déterminée par analogie avec les plans d'eau qui sont toujours mesurés.

L'erreur liée à l'évaluation par analogie, peut atteindre des valeurs considérables (mauvais choix du plan d'eau analogue). Quant aux stations météorologiques (bacs d'évaporation), qui offrent de bons résultats, elles sont malheureusement limitées en nombre et elles ne couvrent que quelques régions du pays. (Boutoutaou, 1995). L'évaporation joue le rôle majeur dans le bilan hydrologique. Elle tient elle-même à plusieurs facteurs parmi lesquels le vent, l'insolation et la température. Plus la durée de la saison sèche est longue plus l'importance de l'évaporation est forte (Touati, 2010).

Il existe plusieurs méthodes de calcul de l'évaporation. Les plus connues entre elles sont :

A. La méthode du bilan hydrique (cas d'une retenue d'un barrage) :

La méthode du bilan hydrique est basée sur l'égalité de la recette et de la dépense du volume d'eau dans la retenue avec la prise en considération de la variation du stockage (Tableau1).

L'évaporation en volume d'eau est déterminée par la relation suivante :

$$VE = VP + VS + VST - VQS - VQST \pm \Delta V \quad (1)$$

L'estimation de l'évaporation par cette méthode du bilan est très peu employée du fait de l'imprécision et de la difficulté d'effectuer des mesures de la plupart des composants de l'équation (1) en particulier les entrées et les sorties souterraines.

Tableau 20 : composants de l'équation (1) du bilan hydrique (Boutoutaou, 1995).

Entrée (recette)	Sortie (dépense)
VP - volume de pluie, reçu par la retenue, m ³ ; VS - volume d'eau superficiel entrant dans la retenue, m ³ ;	VQS - volume d'eau évacué m ³ VQST - volume d'eau souterrain sortant de la retenue (infiltration), m ³ ; VE - volume d'eau évaporé de la

CHAPITRE 5 : Evaluation des pertes par envasement, par évaporation et par fuites d'eau

VST - volume d'eau souterrain	surface de la retenue, m ³
± ΔV - stockage ou déstockage subi par la retenue, m ³ .	

B. Méthode des bacs d'évaporation

Le phénomène de l'évaporation à partir des bacs d'évaporation (photo 06), lui aussi basé sur la loi du bilan hydrique, avec l'absence totale des débits souterrains et des pertes par infiltration qui sont très difficiles à estimer.

L'expression simplifiée du bilan hydrique d'un bac pourra se traduire comme suit :

$$EBac = \Delta H \pm P$$

Où :

EBac – évaporation du bac, mm;

P - pluie tombant sur le bac, mm;

ΔH - différence de côte du plan d'eau dans le bac entre deux mesures, mm.

Le passage de l'évaporation du bac à l'évaporation du plan d'eau se fait par multiplication des résultats de mesure sur le bac par le coefficient du bac : $E = K.EBac$

Où :

E – évaporation du plan d'eau, mm

K – coefficient du bac; (K= 0,7– 0.8, pour le bac Class A et Colorado)

EBac – évaporation mesurée sur le bac, mm



Photo 06 : Bacs d'évaporation Classe « A » et Colorado (Benahmed ,2018).

CHAPITRE 5 : Evaluation des pertes par envasement, par évaporation et par fuites d'eau

C. Méthode hydrométéorologique

La méthode hydrométéorologique est la méthode la plus employée pour la détermination de l'évaporation des étendues d'eau. Le matériel nécessaire qui a permis l'établissement de telle méthode sont les données d'observation (5-10 années d'observation) systématique disponibles aux niveaux des stations météorologiques qui sont implantées près des sites des barrages réservoirs algériens (barrage Meffrouche, Gargar, Hamiz, Guenitra, Bakhada, Keddara, Beni Bahdel, barrage Sidi Mohamed Ben Aouda et la station expérimentale d'El Abiod Sidi Cheikh).

La formule de calcul de l'évaporation proposée (**Boutoutaou, 1995**) est la suivante:

$$E = 0,233 n (es - ea) (1 + 0,39 V)$$

où :

E : évaporation, mm ;

es - tension de vapeur d'eau saturante à la température de la surface évaporante, millibar;

ea - tension de vapeur d'eau dans l'atmosphère, millibar;

(es -ea) - déficit de saturation dans l'atmosphère, millibar;

V - vitesse du vent, m/s;

n - nombre de jours du mois considéré. (pour janvier n = 31, février n = 28 etc. Pour les calculs journaliers n = 1)

L'évaporation à la surface d'une eau libre dépend de certains facteurs (**Bresson, 1959**) :

- 1) - Du déficit hygrométrique (F-I) - (différence entre la tension de vapeur saturante F correspondant à la température superficielle de l'eau et la tension de vapeur I de l'air ambiant au voisinage du plan d'eau);
- 2) - De la vitesse du vent au sol;
- 3) - Du rayonnement solaire qui intervient d'ailleurs dans le déficit hygrométrique;
- 4) - Des influences de facteurs secondaires comme la pression atmosphérique, l'existence de végétation aquatique.

- Les évaporations moyennes annuelles enregistrées au niveau des stations des cinq barrages étudiés sont représentées dans la figure ci dessous :

CHAPITRE 5 : Evaluation des pertes par envasement, par évaporation et par fuites d'eau

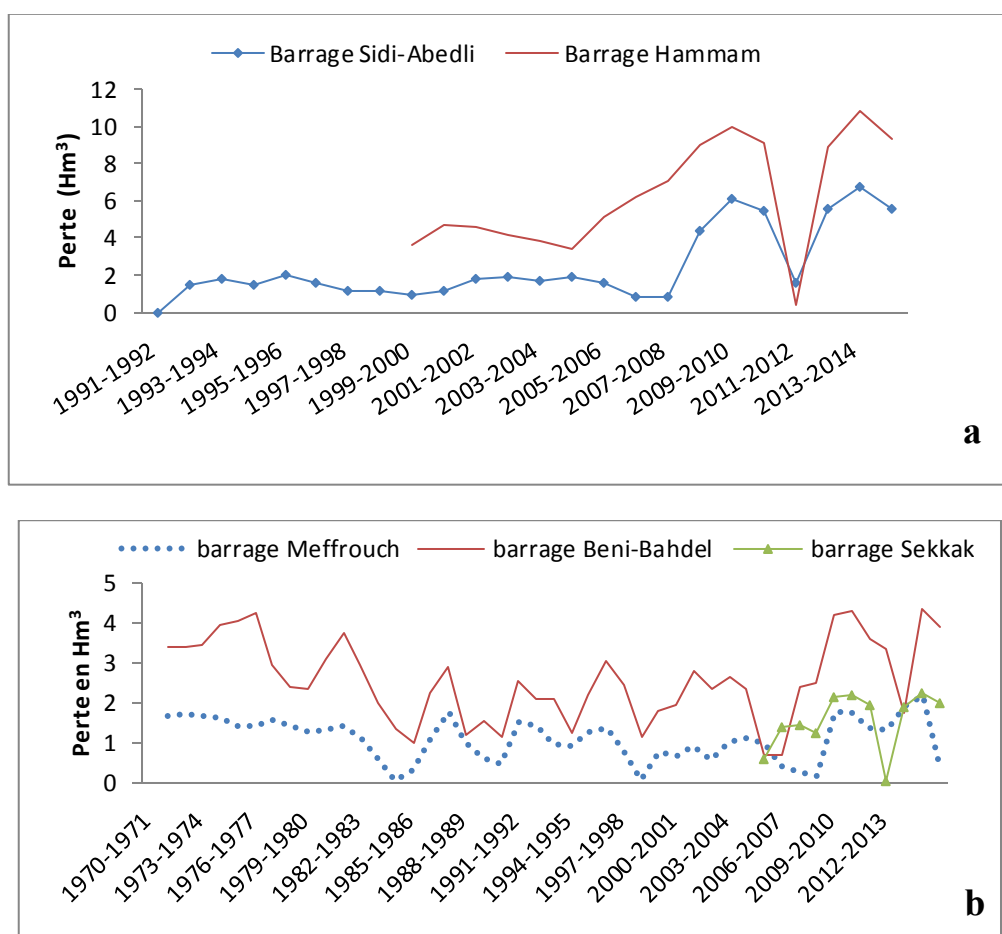


Figure 27. Evaporation annuelle des barrages : a) Sidabdeli et H.Boughrara
b) Meffrouche, Beni Bahdel et Sikkak.

Les valeurs annuelles d'évaporation enregistrées dans les cinq barrages ont connues des variations importantes surtout au niveau des trois barrages Benibahdel, Meffrouche et Sikkak avec une augmentation de l'évolution durant la dernière décennie 2005-2015, suite sans doute à la croissance de la pluviométrie enregistrée presque dans tout le bassin de la Tafna par rapport aux années 1980 et 1990. Les températures annuelles influencent aussi cette augmentation de l'évaporation, en effet les températures enregistrées cette dernière décennie ont connues une hausse pour certains bassins versants, elles ont dépassé en moyenne 18°C.

En général les pertes par évaporation au niveau des cinq barrages étudiés sont considérables elles varient d'une année à une autre. Les valeurs maximales ont été atteintes durant la décennie (2005-2015) avec 6,3 Hm³ (soit 5,72 % de sa capacité totale) et 10,4 Hm³ (soit 5,87

CHAPITRE 5 : Evaluation des pertes par envasement, par évaporation et par fuites d'eau

% de sa capacité totale) pour les barrages Sidabdeli et H.Bouhrara respectivement, et 4,3 ; 2,21 et 2,15 Hm³ pour Benibahdel, Sikkak et Mefrouche respectivement soit 7 %, 8 % et 14 % en fonction de leur capacité respective. Les valeurs moyennes se rapprochent de celles trouvées pour d'autres barrages situés à l'Ouest algérien si l'on prend comme exemple le barrage de Ouizert au Sud-Ouest de Mascara, celui-ci avec une capacité de 100 Hm³ et sur dix années (de 2000 à 2010) enregistre une évaporation moyenne de 3,01 Hm³ (**Benfetta et al., 2016**), valeur voisine de celle du barrage de Sidabdeli durant la même période soit 2,57 Hm³.

Le barrage de H.Bouhrara connaît les plus fortes évaporations, cela est en relation non seulement de l'étendue et de la topographie de la retenue mais aussi de la tendance continentale du climat de la plaine de Maghnia située dans une cuvette qui se trouve isolée des influences maritimes par la chaîne montagneuse des Traras. Aussi, les effets de la saison chaude ne sont pas sans conséquence, la stagnation des masses d'air anticycloniques provoque souvent un déficit pluviométrique et une évapotranspiration d'où un déficit hydrique caractérisé par des étages parfois durables (**Baba-Hamed, 2007**).

2. Fuites d'eau

Les fuites d'eau sont inévitables quel que soit l'emplacement d'un barrage. Elles ont lieu non pas à travers le corps de l'ouvrage, mais à travers les rives et les fondations. En raison de la forte poussée hydrostatique exercée par l'eau de la retenue sur le fond et les berges de l'ouvrage, un volume d'eau s'infiltré et s'évacue. (**Toumi et Remini, 2006**).

Les figures ci dessous, donnent les fuites interannuelles des cinq barrages du bassin versant de la Tafna.

CHAPITRE 5 : Evaluation des pertes par envasement, par évaporation et par fuites d'eau



Figure 28. Fuites d'eaux annuelles dans les cinq barrages du bassin versant de la Tafna.

Relation entre les fuites (quantité) et la géologie du site de chacun des barrages :

En géologie l'hétérogénéité des terrains joue un rôle très important sur les variations des fuites d'eau, nous pouvons citer leur amplitude :

- ◆ Les barrages Meffrouche, Bénébahdel enregistrent des fuites assez importantes en raison de plusieurs facteurs parmi eux leur implantation sur des terrains calcaires-dolomitiques

CHAPITRE 5 : Evaluation des pertes par envasement, par évaporation et par fuites d'eau

d'Age Jurassique possédant une tectonique intense ou sur des substratums composé d'une masse rocheuse formée de marnes, grès, poudingues, calcaires, colluvions et alluvions. En outre la genèse des Horsts et Graben avec des rejets de failles plus perméables et des formations karstifiées fissurées favorisant l'infiltration contribuent davantage à l'élévation de ces fuites. Par ailleurs l'impact des pressions hydrostatiques et la durée d'exploitation assez longue des deux barrages peuvent être une des causes de ces pertes. A titre d'indication on citera le cas du barrage Ouizert destiné à transférer l'eau vers le barrage de Bouhanifia en aval, il a été implanté sur un terrain fissuré occasionnant des pertes considérables s'élevant à 19 % de sa capacité totale sur une période allant de 1998 à 2010 (**Benfetta et al., 2016**). Une augmentation des dépôts dans la retenue peut colmater les fissures fines et diminuer les fuites dans le temps comme il a été mentionné dans une étude faite par **Remini et al. (2009)** sur certains barrages dont le barrage Djorf Torba au Sud Ouest algérien ou encore le barrage Foug El gherza au Sud Est algérien. Mais une telle évolution n'est pas systématique comme c'est le cas du barrage Bénibahdel enregistrant un envasement élevé comparativement aux autres barrages mais le taux des fuites était le plus conséquent.

◆ Les barrages Hammam-Bouhrara et Sidi-Abdelli sont implantés sur des terrains alluvionnaires, des argiles et des marnes serravalliens d'âge Miocène moyen sur du Jurassique peu consolidé, indiquant ainsi une perméabilité faible et une infiltration presque négligeable. La configuration et le type de barrage, la durée d'exploitation jouent aussi un rôle dans cette différence dans les fuites. En effet le volume de fuites varie d'une année à l'autre selon les conditions climatiques, hydrologiques, géologiques et géotechniques comme c'est le cas du barrage Sikkak où seule l'année 2011/2012 qui s'est remarquable par des fuites considérables avec un volume de 2,06 Hm³ par rapport à celui des autres années qui était quasi nul.

CHAPITRE 06 : Quantification des pertes totales

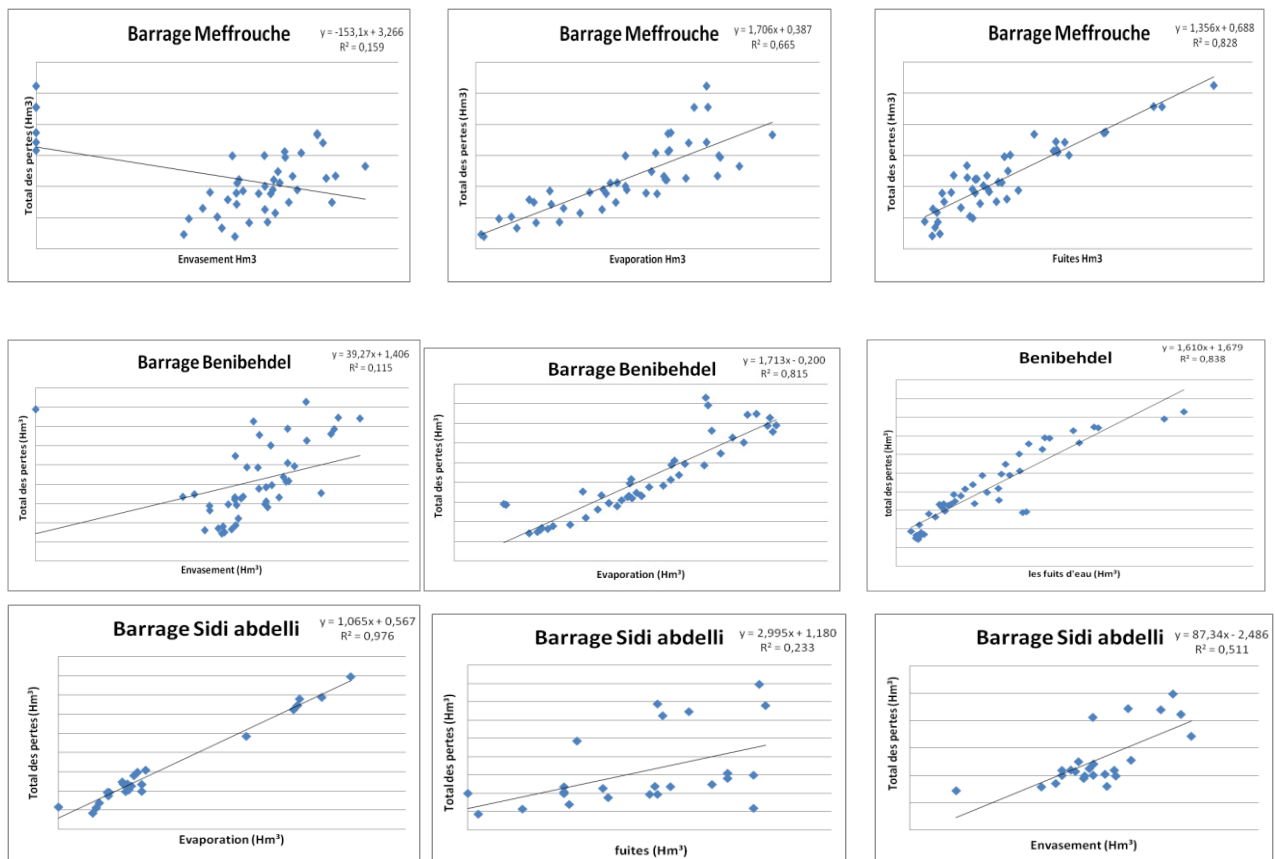
CHAPITRE 06 : Quantification des pertes totales

1. Pertes totales d'eau

Les pertes totales dans les cinq barrages sont importantes et varient selon le type de perte le plus dominant soit par envasement, par évaporation ou par fuite d'eau.

La corrélation entre les pertes permet de nous donner un aperçu sur l'importance de chacune des pertes au niveau de chacun des cinq barrages.

Les figures suivantes illustrent ces corrélations :



CHAPITRE 06 : Quantification des pertes totales

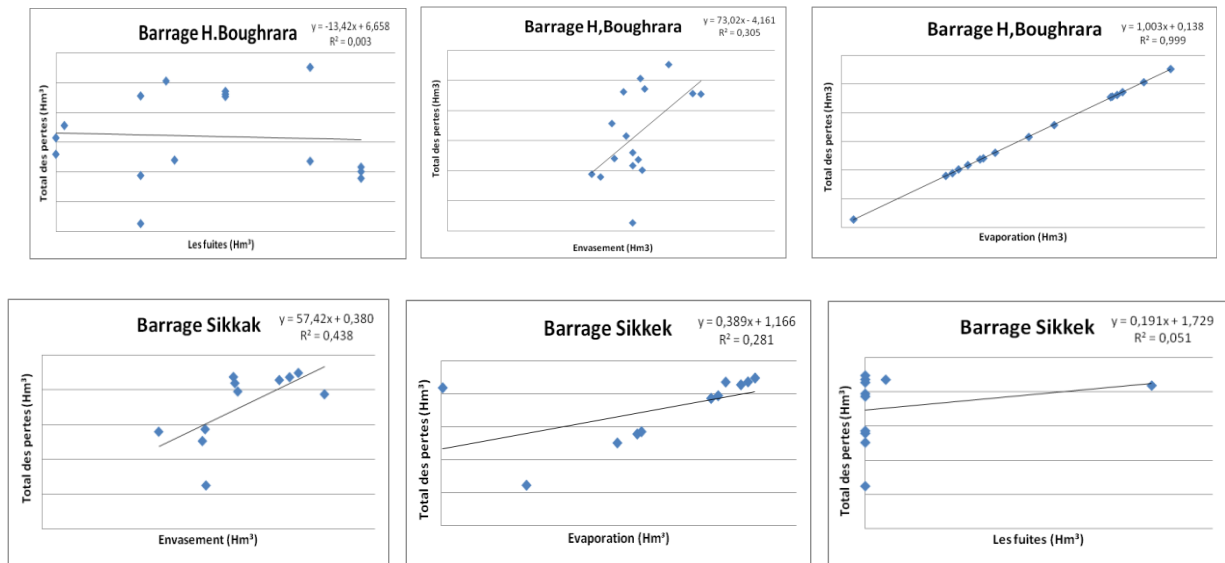


Figure 29. Evolution des pertes totales en fonction de chaque facteur (Evaporation, envasement et fuites).

Nous observons que l'évaporation est le facteur dominant au niveau des cinq barrages, il est bien corrélé avec les pertes totales ce qui laisse dire que celles-ci sont énormément influencées par ce facteur en raison notamment de la particularité du climat semi aride qui règne dans la région d'étude où les conditions hydroclimatiques favorisent de plus en plus la hausse de l'évapotranspiration.

Par ailleurs pour les deux barrages Benibahdel et Mefrouche, l'autre facteur celui des fuites est aussi assez bien corrélé aux fuites totales, cela démontre que plus la durée d'exploitation du barrage augmente plus les fuites à travers les parois latérales ou en dessous de l'ouvrage deviennent un sérieux problème et réduisent considérablement leur capacité utile.

CHAPITRE 06 : Quantification des pertes totales

2. Quantification des pertes :

La figure suivante permet de mieux illustrer la quantification des pertes totales au niveau des barrages suivant la prépondérance des divers facteurs étudiés : fuites, ensablement et évaporation.



Figure 30. Quantification des pertes dans les cinq barrages.

Selon cette figure, les pertes par évaporation ont un grand impact sur les pertes totales et sont de 31 %, 39 %, 43 % et 49 % pour Bénibahdel, Sidabdeli, Sikkak et H.Bouhrara respectivement. Alors qu'au niveau du barrage de Mefrouche, les pertes par fuites totalisent 26 % des pertes totales suivies de celles induites par l'évaporation soit un taux de 24 %.

CHAPITRE 06 : Quantification des pertes totales

3. Estimation des pertes en volume au niveau des barrages étudiés :

La capacité totale de la retenue comprend les volumes suivants :

- volume utile : réserve d'eau utile pour les besoins en eau potable, en agriculture et en industrie.
- Volume infiltré : tranche d'eau perdue par infiltration.
- Volume évaporé : tranche d'eau perdue par évaporation.
- Volume mort : Tranche de la réserve envasée.

Les pertes en volume englobent les pertes par envasement, les pertes par évaporation et celles des fuites. La figure ci-dessous donne une représentation en pourcentage de ces pertes par rapport à la capacité initiale de chaque barrage.

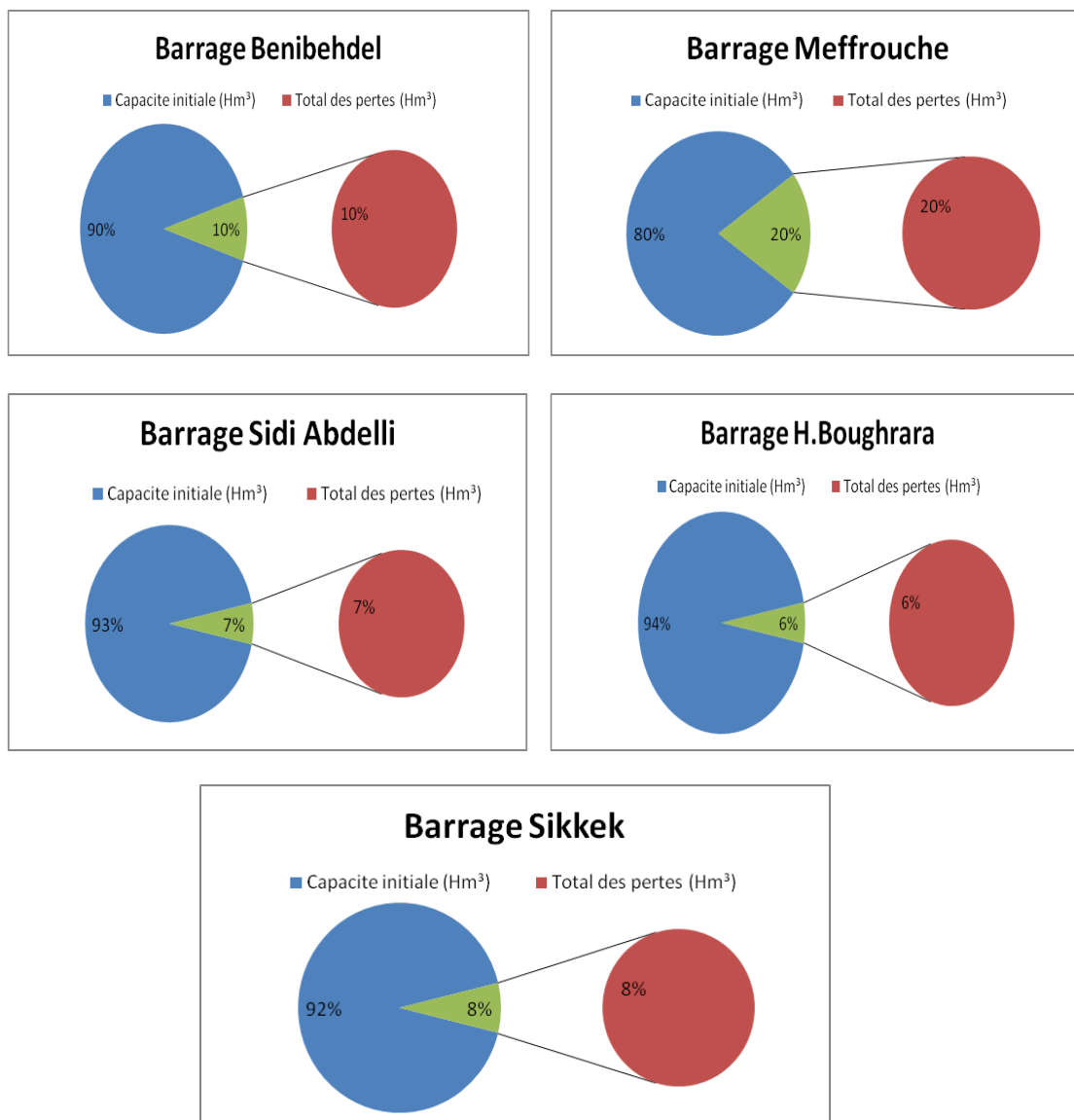


Figure 31. Présentation des pertes en volume par secteurs par rapport à la capacité totale.

CHAPITRE 06 : Quantification des pertes totales

Nous constatons que les pertes totales d'eau représentent 6%, 7% et 8% pour les barrages Sidi-abdelli, Sikkak, et H. Boughrara respectivement très dépendantes de l'évaporation alors qu'elles augmentent pour atteindre 10% et 20% pour Béni-bahdel et Meffrouche respectivement en raison beaucoup plus des fuites d'eau et de l'évaporation.

4. Quelques moyens de prévision pour lutter contre les pertes de capacité :

Selon **Rémini et al, (2016)** la majorité des barrages en Algérie ont une durée de vie de l'ordre d'une trentaine d'année. Il est rare cependant, que l'on puisse admettre à l'issue d'une période aussi courte, l'abandon d'un aménagement hydraulique particulièrement lorsqu'il s'agit de réservoirs destinés à l'adduction en eau potable ou l'irrigation dont les intérêts socio-économiques justifient une garantie de service illimitée. Il importe donc, non seulement de prévoir le rythme de comblement de la retenue de façon aussi précise que possible, de manière à prendre les dispositions économiques et sociales qui s'imposent mais aussi et surtout de sauvegarder au maximum l'existence de la retenue en luttant contre ce phénomène utilisés en Algérie. Nous pouvons citer (**Rémini et al., 2005 ; Rémini, 2006 ; Rémini, 2008**) :

4.1. Aménagement des bassins versants :

Le meilleur moyen technique de lutte contre l'envasement est situé au niveau de la source de production des particules, c'est-à-dire au niveau du bassin versant, diverses méthodes sont appliquées comme le reboisement, la réalisation des banquettes et l'aménagement des ravines par la correction torrentielle.

a. le reboisement, la restauration des sols la formation des banquettes. la plantation de végétation à longues tiges dans les oueds :

Dans le cadre de la protection des bassins, un programme spécial a été lancé par les services des forêts. Il s'agirait de faire planter la végétation et le reboisement des talus et établir des escaliers aux niveaux des flancs des sous bassins versant pour fixer les sédiments transportées par les cours d'eau.

b. Réalisation de barrage de décantation :

CHAPITRE 06 : Quantification des pertes totales

Cette phase est désignée par l'exécution des barrages de décantation proche d'ouvrage primaire, pour décanter les matières érodé par l'eau.

4.2. Dévasement des barrages :

Pour des solutions préventives, des tentatives de reboisement et des corrections torrentielles ont été appliquées sur plusieurs bassins versants. En parallèle, des opérations de dévasement se déroulent sur plusieurs barrages. Deux modes de dévasement peuvent être opérés au niveau d'un barrage. Il s'agit dévasement périodique et d'un dévasement occasionnel.

a. Dévasement périodique : Soutirage des courants de densité

A l'arrivée des crues, l'ouverture des pertuis de vidange permet de soutirer les courants de densité qui se rapprochent du mur du barrage. Grâce à la forte concentration en particules fines, le courant de densité arrive au pied du barrage après avoir parcouru plusieurs kilomètres. La technique de soutirage des courants de densité a obtenu de très bons résultats au niveau des barrages (Fig. 32).

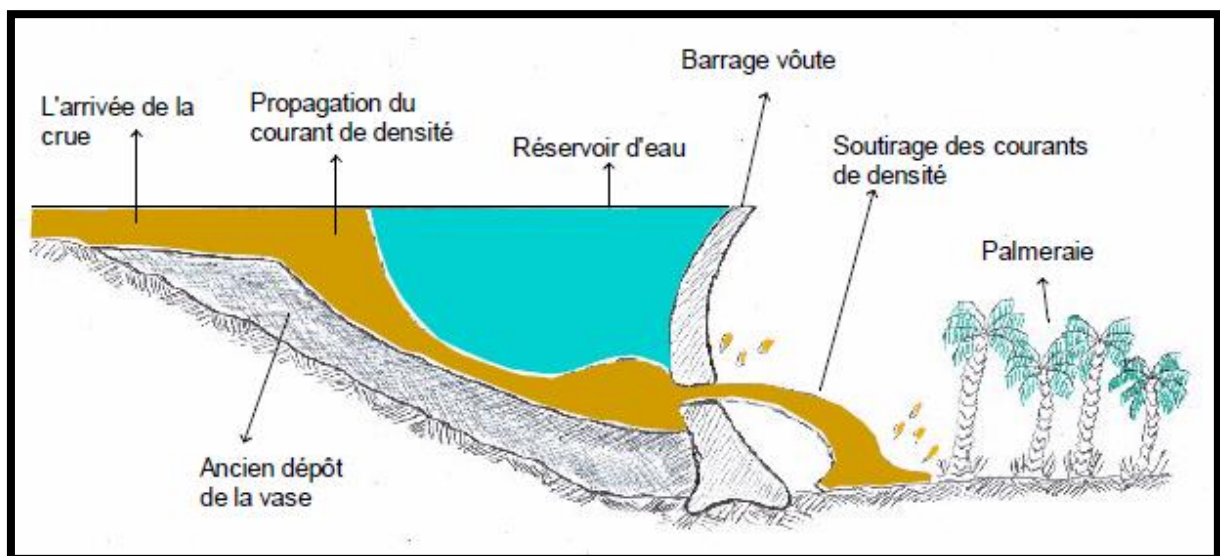


Figure 32. Schéma du soutirage d'un courant de densité par les pertuis de vidange d'un Barrage. (Remini, 2016).

b. Dévasement périodique : Evacuation de la vase par la vanne de fond

CHAPITRE 06 : Quantification des pertes totales

Pour éviter le blocage des vannes de fond. L'ouverture périodique des pertuis de vidange permet d'extraire les dépôts vaseux situés. Dans ce cas, uniquement la vase située dans la zone basse qui peut être perturbée par les manoeuvres des vannes. De telles manoeuvres sont extrêmement nécessaires pour alléger l'ouverture des pertuis. Un retard dans l'ouverture pourra avoir des dégâts.

c. Dévasement occasionnel : Dragage d'un barrage :

Dans le cas où l'envasement atteint un niveau très élevé dépassant un taux de 50%, le dragage peut s'avérer comme ultime solution pour sauver le barrage et prolonger sa durée de vie (Fig. 33).

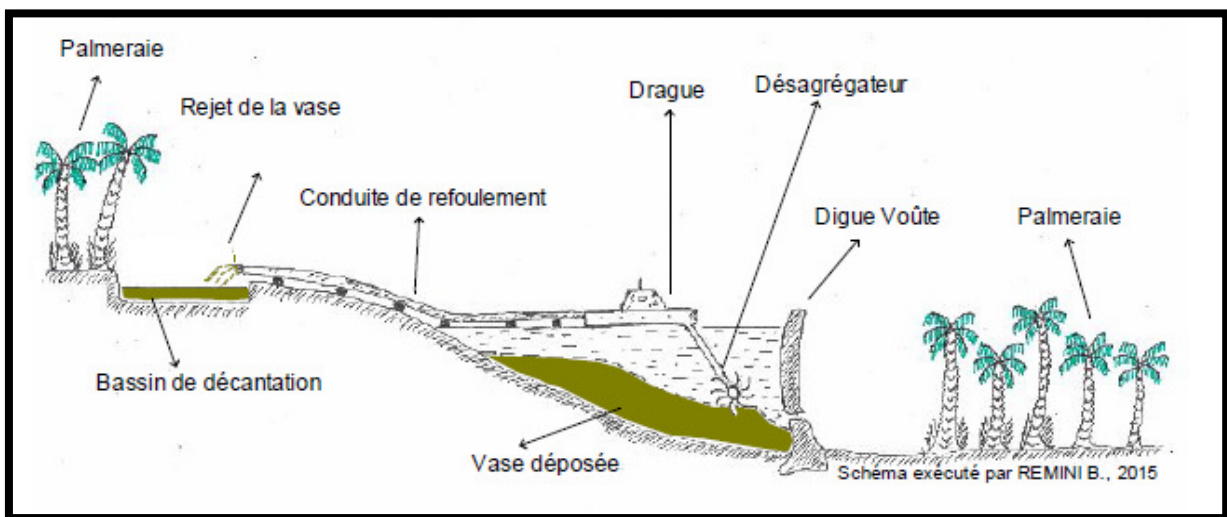


Figure 33. Schéma synoptique d'une opération de dragage dans un barrage. (Remini et Bensafia. 2016).

4.3. Surélévation du barrage

La surélévation des barrages permet d'augmenter la capacité de la retenue et donc de compenser la valeur envasée, dans le cas d'un envasement très avancé, la surélévation d'un barrage surtout s'il s'agit d'un grand barrage peut s'avérer une solution efficace (Remini, 2008 ; Remini et al, 2009), au lieu d'enlever la vase de la cuvette, on surélève la digue de quelques mètres pour un gagner un volume supplémentaire (Fig. 34).

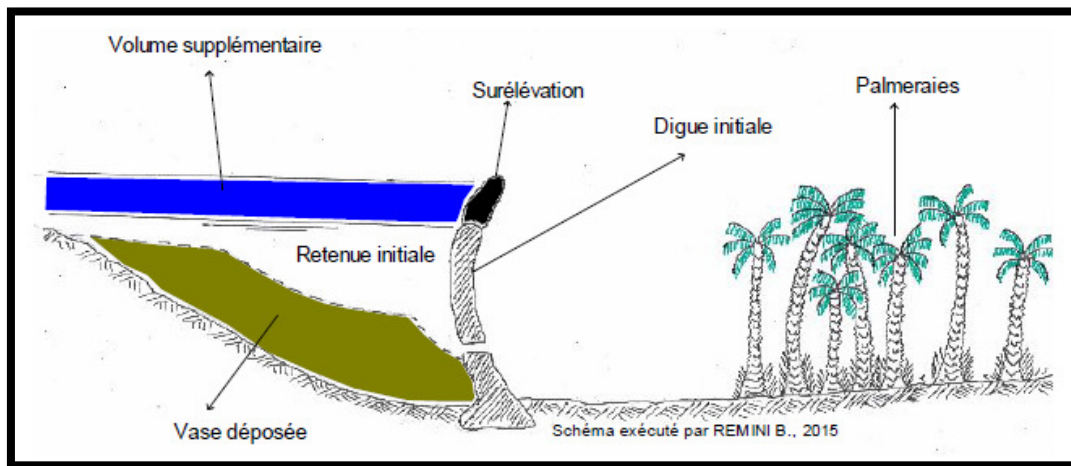


Figure 34. Schéma synoptique d'une surélévation d'un barrage. (Remini et Bensafia, 2016).

4.4. Chasses dites à l'Espagnole

Méthode utilisée pendant les premières crues pour les barrages de moindre importance, cette technique est efficace quand elle est possible, elle consiste à vider complètement le barrage au début de l'automne et à le laisser vide, toutes vannes ouvertes, jusqu'aux premières pluies, la première crue enlève sans difficulté les vases de l'année non encore consolidées.

5. Conclusion

Nous concluons d'après ces deux chapitres que le réseau hydrographique du Nord Algérien est saturé. Il y a peu de sites favorables pour la réalisation de nouveaux barrages. La priorité sera donnée à l'entretien et à la maintenance des barrages en exploitation.

L'importance du transport solide en Algérie se traduit par un comblement rapide des retenues diminuant considérablement leur durée de vie. Nous pouvons dire au terme de cette partie que le problème des pertes de capacité utile d'un barrage est associé à la conjonction de trois facteurs essentiels qui sont : l'évaporation, l'envasement et les fuites à travers le barrage. L'évaporation au niveau des cuvettes a été le facteur le plus influant suivi de celui des fuites d'eau. L'envasement constitue lui aussi un impact réduisant la capacité des barrages et menaçant leur stabilité sauf que son estimation reste difficile à réaliser.

Dans cet étude, nous avons mentionnés quelques techniques de la lutte contre l'envasement ; spécifiquement, dans les régions alluvionnaires, mais malheureusement, ce phénomène n'a jamais été quantifié, malgré l'existence des techniques timide avec l'absence d'une stratégie de contrôler les barrages d'une façon robuste.

CONCLUSION GENERALE

Le bassin versant de la Tafna est situé au Nord-Ouest de l'Algérie, il s'étend sur une superficie de 7245km². Il est caractérisé par une géographie diversifiée : Au Nord, on trouve les chaînes montagneuses, au centre l'existence des zones de plaines et plateaux et au Sud les monts de Tlemcen, il est constitué de huit sous bassins: bassin Oued Sebdou, bassin Oued Mouillah, bassin Oued Isser, bassin Oued Khémis, bassin Oued En Nachef, bassin Oued Sikkak, bassin Oued Chouly et bassin Oued Boumessaoud. Ces sous-bassins sont caractérisés généralement par une forme allongée dans l'ensemble ($1,25 < K_c < 1,52$).

Géologiquement, les formations du Jurassique affleurent au sud du bassin versant, les parties orientales et celles du Nord sont caractérisées par le Plio-Quaternaire qui se manifeste par les dépôts alluvionnaires, en plus des marnes d'âge Miocène se trouvent dans la partie occidentale du bassin versant.

L'étude climatique indique que la température et la pluviométrie du bassin versant est variable d'un sous-bassin à un autre, en général les valeurs moyennes annuelles des températures au niveau des stations des barrages sont entre 14,32°C et 19,89°C, et les précipitations sont entre 291 mm et 612 mm.

Le bassin de la Tafna a connu l'implantation de cinq barrages qui sont : Barrage Béni Bahdel, Barrage Meffrouche, Barrage Sidi Abdelli, Barrage Hammem-bouhrara et barrage Sikkak. Les potentialités en eau superficielle sont d'environ 400 Hm³, avec des potentialités souterraines très importantes surtout dans la région Sud du bassin.

Dans cette étude nous avons essayé de quantifier le volume des pertes de capacité utile de ces barrages et de suivre l'évolution temporelle de chacun des trois facteurs influençant (évaporation, envasement et fuites d'eau) sur la réduction de la capacité de stockage.

Les résultats ont montré que le facteur évaporation a été le plus influent dans tous les barrages à l'exception des deux barrages de Béniba hdel et Meffrouche qui totalisent des pertes par fuites assez importantes à cause de leur durée d'exploitation.

L'envasement constitue aussi une part non négligeable des pertes pour les barrages implantés surtout en zone semi aride, mais les mesures disponibles sur les apports solides ont été très sous-estimées et ne permettent pas de mieux quantifier l'influence de l'envasement.

Conclusion générale

A fin de réduire cette vulnérabilité de ces ressources hydriques superficielles, il existe plusieurs techniques tel que le reboisement, la réalisation des bassins de décantation, le dragage et la surélévation des barrages, ces opérations restent moins réalisables à cause de plusieurs paramètres tels que la politique de la gestion des ressources hydriques et les couts élevés de ses actions adéquates.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Achite M. et Ouillon S. (2007).** Suspended sediment transport in a semiarid watershed, Wadi Abd, Algeria (1973-1995). *J. Hydrol*, 343, 187-202
- Adjim H. (2003).** Evaluation des ressources hydriques superficielles du bassin versant de la Tafna, Approche pluviométrique, mémoire de Magister, Univ de Tlemcen, 157p.
- Agence du Bassin hydrographique (A.B.H) Oranie Chott-Chergui (2005).** Cadastre hydraulique du bassin de la Tafna.
- Ait Mouhoub D. (1998).** Contribution à l'étude de la sécheresse sur le littoral algérien par le biais de traitement des données pluviométriques et la simulation. *Thèse de Magister*, école nationale polytechnique, Alger. 145p
- A.N.A.T. (1994).** Plan d'aménagement et d'urbanisme du groupement Tlemcen, Chetouane Mansourah, Phase I, Direction régionale ouest, Tlemcen, Décembre.
- A.N.A.T. (2005).** Plan d'aménagement du territoire de la wilaya de Tlemcen : Carte d'occupation du sol wilaya de Tlemcen.
- Agence Nationale des Barrage et Transfert (2004):** Aménagement hydraulique de la région de Tlemcen, document interne.
- A.N.B.T (2018).** Données ressources hydriques des barrages du bassin de la Tafna.
- A.N.R.H. (2018).** Annuaire hydrologique 2018. Oran, Algérie.
- Araf A. (2012).** Application de HEC-ResSim, SWAT, et HEC-HMS dans la gestion de l'eau de la Wilaya de Tlemcen de Tlemcen, Mem Ing. Univ. Oran, 243p.
- Baba-Hamed K. (2007).** Hydrodynamique et modélisation d'une nappe alluviale, validation par l'approche géostatistique, application à la nappe de la plaine de maghnia (N-W Algerien). Thèse de Doctorat en sciences, univ. Tlemcen, 161p.
- Belarbi F. (2010).** Etude de la pluviométrie journalière dans le bassin versant de la Tafna, Mém Magister, Univ. Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie.
- Benfettah H., Ouadja A., Achour B., Remini B. (2016).** Perte de capacité dans les barrages situés dans les zones arides et semi arides. cas des barrages de gargar, bouhanifia, ouizert et foun el gherza, *Journal LARHYSS*, (25), 183-201.
- Bemoussat A. (2012).** Impact de l'activité agricole sur la qualité des eaux souterraines à travers le bassin de la Tafna, Mem. Mag. Univ. Tlemcen. 156p.

Bensaoula F., Collignon B. (1986). Evaluation des coûts de production de l'eau selon divers types d'ouvrages hydrauliques : les données récentes dans la Wilaya de Tlemcen, Colloque « Les ressources en eau et l'aménagement du territoire », Oran.

Bensaoula F. (2006). Hydrogéologie, karstification et vulnérabilité des eaux karstiques, Mise au point d'outils pour leur protection (application aux monts de Tlemcen-ouest Oranais), Thèse de Doctorat d'état, Université de Tlemcen, 194 pages.

Bensaoula F., Ajim M. (2008). La mobilisation des ressources en eau : contexte climatique et contraintes socio-économiques (cas de la wilaya de Tlemcen. Larhyss Journal, n°08, p84-86.

Bonnet. M. (1965).- Etude hydrogéologique de la plaine de Maghnia. Rapport S.E.S n°59/ GE. Oran. 45p.

Bouanani A. (2004). Hydrologie, transport solide et modélisation, Thèse Doc, Univ, Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie 215p.

Boudjadja A. et al., 2003. Ressources hydriques en Algérie du Nord, Revue des sciences de l'eau, rev.sci .eau .pp.285-304.

Bouguerra S. (2018). Quantification et modélisation du transport solide en climat semi-aride, cartographie du risque d'érosion hydrique au moyen d'unSIG: cas des deux bassins versants oued Boukiou et oued Boumessaoud (N-W de l'Algérie). Thèse de Doctorat, Univ. de Tlemcen, 166p.

Boutoutaou D. (2011). Note sur l'évaporation des plans d'eau (barrages, lac , cours d'eau, chott , sebkha) en Algérie , 1^{er} séminaire international sur la ressource en eau au Sahara , laboratoire d'exploitation et valorisation des ressources naturelles en zones arides , Univ Kasdi Merbah , Ouargla , 295p.

Bresson Y. (1959). Etudes hydrologiques du bassin versant d'Androvakely : étude de l'évaporation et de l'évapotranspiration. Tananarive : IRSM, 25 p. multigr.

Demmak A., (1982). Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale. Thèse de Doctorat. Ing. Université de Pierre et Marie Curie, Paris XI.

Dehni A., Lounis M. et Hassani M.I (2015). Géotraitement des indices hydro morphométriques pour l'automatisation des modèles sédimentaires et érosifs (Application sur le BV de la Tafna – Nord-Ouest Algérien). ResearchGate Publication.

Djedjai H. (2014). Etude de la qualité des eaux du bassin versant de la Tafna et une approche théorique de la dégradation du méthyle Parathion, Thèse Doc, Univ, Mouhamed Boudiaf, Oran, Algérie. 65p.

FAO (1994). Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES), Bulletin pédologique de la FAO, n°70.

Gautier M. (1952). La géologie et les problèmes de l'eau en Algérie, Tome 1, Eléments de technologie des barrages algériens et de quelques ouvrages annexes, Le barrage des Beni Bahdel et la conduite d'Oran, p44-57.

Gevin P. (1987). Essai de réserve souterraine en vraie grandeur le barrage sur l'oued Meffrouch (Algérie), Bulletin d'hydrogéologie, centre d'hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel, Editions Peter Lang, n°7,217-228.

Ghenim, A. N. (2008). Etude des écoulements et des transports solides dans les régions semi-arides méditerranéennes. *These Doctorat, Université Aboubekr Belkaid, Tlemcen*, 134p

Ghomri Z ., Mahammedi H. (2017). Analyse et tendance des écoulements superficiels entrants aux barrages du BV de la Tafna, Mém master, Univ, Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie. pp 04-14.

Hamlet A. (2005). Contribution a la gestion des ressources hydriques des bassins versants (bassin de la Tafna) par l'application du modèle SWAT, mémoire de Magister, département d'hydraulique , USTO, 132p.

Heusch B. et A. Millies-Lacroix (1971). Une méthode pour estimer l'écoulement et l'érosion dans un bassin. Application au Maghreb. *Mine et Géologie*, Rabat, 33, 21–39

Meddi M. et P. Hubert (2003). Impact de la modification du régime pluviométrique sur les ressources en eau du Nord-Ouest de l'Algérie. Dans: *Hydrology In TheMediterranean And Semiarid Regions*. E. Servat , W. Najem , C. Leduc et A. Shakeel (Éditeurs), IAHS Publ. 278, IAHS Press, Wallingford, UK, 329–235

Megnounif A., (2007). Etude du transport des sédiments en suspension dans les écoulements de surface, *Thèse de Doctorat* , Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 184p.

Remini B., 2006. La sédimentation des barrages, « Mécanismes et soutirage des courants de densité », Edite par l'Agence Nationale pour le Développement de la Recherche Universitaire

Remini B. (2008). La surélévation des barrages – une technique de lutte contre l'envasement- Exemples algériens. *Revue La Houille Blanche*, n°5.

Remini B., Hallouche W., (2005). Préviation de l'envasement dans les barrages du Maghreb, larhyss/journal n°04, juin 2005, pp .69-80.

Remini B. et Bensafia D. (2016). Envasement des barrages dans les régions arides exemples Algériens, Larhyss Journal n°27, p79-87.

Remini B., Christian L., Wassila H. (2009). Evolution des grands barrages en région semi arides : quelques exemples algérien. Sécheresse (20), 1, 96-103.

Touati B. (2010). Les barrages et la politique hydraulique en Algérie : état, diagnostic et perspectives d'un aménagement durable. Thèse de Doctorat en sciences, univ. Constantine, 384p.

Toumi A. et Remini B., (2006). La problématique des fuites d'eau du barrage hammam-grouz (Algérie). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°05, Juin 2006, pp.41-48.

Yebdri D. (2007). Contribution à la gestion des ressources en eau superficielle du bassin de la Tafna, thèse de Doctorat d'état, département d'hydraulique , USTO, 181p.

RESUME

Par souci de comprendre les mécanismes de perte des capacités utiles des cinq barrages du grand bassin versant de la Tafna à savoir le barrage de Béni Bahdel, de Mefrouche, de Sidi Abdelli, de Hammam Boughrara et de Sikkak, il a été nécessaire d'analyser l'influence de facteurs hydroclimatique et géologique sur les réserves d'eau de ces ouvrages de stockage d'eau. Notre région d'étude qui se situe dans la partie Nord-Ouest de l'Algérie, a été impacté par les variations climatiques irrégulières de ces dernières décennies. Les nappes souterraines de notre zone d'étude traversent des formations géologiques du jurassique affleurant au Sud du bassin versant alors que les parties orientales et celles du Nord sont caractérisées par le Plio-Quaternaire, en plus des marnes d'âge Miocène se trouvent dans la partie occidentale du bassin versant. Les potentialités des ressources en eaux superficielles sont basées sur l'étude des cinq barrages et des retenues collinaires, le traitement des données des forages implantés et l'étude piézométrique déterminent la disponibilité des eaux souterraines. Les barrages étudiés ont connus des taux de remplissages importants cette dernière décennie et assurent les besoins définis par l'irrigation et l'alimentation en eau potable. L'analyse et la représentation des données des facteurs d'envasement, de l'évaporation, et des fuites d'eau confirment la présence des pertes de capacité utile des barrages. Les résultats montrent qu'en général et en fonction du site d'implantation du barrage que l'évaporation est les fuites représentent un pourcentage important du volume total des pertes. L'application de quelques moyens de prévision pour lutter contre ces pertes de capacité est indispensable comme le reboisement, la réalisation des bassins de décantation, le dragage et la surélévation des barrages et le renforcement de l'étanchéité des parois latérales, mais ces opérations restent moins réalisables à cause de plusieurs paramètres tels que la politique de la gestion des ressources hydrique et les couts élevés de ces actions adéquates.

Mots clés : Tafna, Barrages, Potentialité hydrique, évaporation, Envasement, Fuites.

ABSTRACT

In order to understand the mechanisms of loss of useful capacities of the five dams of the great watershed of Tafna namely the dam of Béni Bahdel, Mefrouche, Sidi Abdelli, Hammam Boughrara and Sikkak, it was necessary to analyze the influence of hydroclimatic and geological factors on the water reserves of these water storage structures. Our study area, located in the northwestern part of Algeria, has been impacted by the irregular climatic variations of recent decades. The groundwater of our study area crosses Jurassic geological formations outcropping to the South of the watershed while the eastern and northern parts are characterized by the Plio-Quaternary, in addition to the Miocene marls are found in the western part of the watershed. The potentialities of the surface water resources are based on the study of the five dams and the hollows, the treatment of the data of the implanted drillings and the piezometric study determine the availability of groundwater. The dams studied have experienced high filling rates in the last decade and meet the needs defined by irrigation and drinking water supply. The analysis and representation of data on silting factors, evaporation, and water leaks confirm the presence of losses of useful capacity of the dams. The results show that in general and depending on the dam implantation site that evaporation is the leaks represent a significant percentage of the total volume of losses. The application of some means of prediction to fight against these losses of capacity is essential like the afforestation, the realization of the settling ponds, the dredging and the elevation of the dams and the strengthening of the watertightness of the side walls, but these operations remain less achievable because of several parameters such as the water resources management policy and the high costs of these adequate actions.

Key words: Tafna, dams, water potential, evaporation, siltation, leaks.

ملخص

من أجل فهم آليات فقدان القدرات المفيدة للسدود الخمسة لمستجمعات المياه الكبيرة في تفتنة وهي سد بني بهدل ومفروش وسيدي عبدلي وهمام بوغرة وسكة ، كان من الضروري تحليل تأثير العوامل المناخية والجيولوجية على احتياطي المياه لهياكل تخزين المياه هذه. تأثرت منطقة دراستنا ، التي تقع في الجزء الشمالي الغربي من الجزائر ، بالتغيرات المناخية غير النظامية في العقود الأخيرة ، حيث تعبر المياه الجوفية في منطقة دراستنا التكوينات الجوراسية الجوراسية التي تتجه إلى الجنوب من مستجمعات المياه في حين أن الأجزاء الشرقية والشمالية تتميز بلايو رباعي ، بالإضافة إلى ما روس الميوسين توجد في الجزء الغربي من مستجمعات المياه.

تعتمد إمكانات موارد المياه السطحية على دراسة السدود الخمسة والأجوف ، ومعالجة بيانات الحفريات المزروعة والدراسة البيزيومترية التي تحدد مدى توفر المياه الجوفية. شهدت السدود التي تمت دراستها معدلات تعبئة عالية في العقد الماضي وتلبي الاحتياجات المحددة بواسطة الري ومياه الشرب. يؤكد تحليل وتمثيل البيانات الخاصة بعوامل الصهر والتبخر وتسربات المياه وجود خسائر في السعة الإنتاجية المفيدة للسدود. تشير النتائج إلى أن التبخر بشكل عام ووفقاً لموقع زرع السد يمثل تسرباً يمثل نسبة كبيرة من إجمالي حجم الخسائر. بعد تطبيق بعض وسائل التنبؤ لمحاربة هذه الخسائر في القدرة أمرًا ضروريًا مثل التشجير ، وتحقيق أحواض الترسيب ، وتجريف السدود ورفعها ، وتعزيز مقاومة الماء للجدران الجانبية ، ولكن تبقى هذه العمليات قائمة أقل قابلية للتحقيق بسبب العديد من المعايير مثل سياسة إدارة موارد المياه والتكاليف العالية لهذه الإجراءات المناسبة. الكلمات المفتاحية: التفتنة ، السدود ، المياه المحتملة ، التبخر ، الطمي ، التسريبات.